RBT

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL

V.2 N.2 | DEZ 2022



FGV TRANSPORTES

A **Revista Brasileira de Transportes** - **RBT** é uma publicação para difusão científica, bilíngue, com periodicidade semestral, vinculada ao **FGV Transportes**, centro de estudos e pesquisas em transportes, logística e mobilidade urbana da **FGV**.
Para publicação na **RBT**, serão considerados artigos inéditos, que não devem estar sob avaliação de outro periódico, mesmo que em outro idioma, com a exceção de trabalhos apresentados em anais de congressos. O acesso ao conteúdo da **RBT** é aberto, sem cobrança de qualquer valor pecuniário para submissão ou publicação.
Visite a plataforma da **RBT** e submeta o seu artigo:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/index.





The **Brazilian Transport Journal** (**Revista Brasileira de Transportes - RBT**) is a bilingual scientific jornal, published every six months, linked to the **FGV Transportes**, centre for studies and research in transport, logistics and urban mobility at the **Getulio Vargas Foundation** (**FGV**). Only unpublished papers will be considered by the **RBT** journal; they should not be under assessment by any other periodical, nor be written in any language other than Portuguese and English, except for papers presented in congress proceedings. Access to **RBT** content is open, with no fees charged for either submission or publication. Visit the **RBT** platform and submit your article: http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/index.

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES - RBT

PUBLICAÇÃO DO CENTRO DE ESTUDOS FGV TRANSPORTES
FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS – FGV

EQUIPE EDITORIAL

EDITOR CHEFE:

Marcus Vinícius Quintella Cury –
FGV Transportes, Brasil.

EDITOR EXECUTIVO:

Marcelo Prado Sucena –
FGV Transportes, Brasil.

EDITORES TEMÁTICOS:

Alan Ricardo da Silva -
Universidade de Brasília - UNB, Brasil.

Álvaro Fernando de Oliveira Costa -
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto - FEUP, Portugal.

Fariya Sharmeen -
KTH Royal Institute of Technology - Stockholm, Suécia.

Gustavo Riente de Andrade -
University of Florida Transportation Institute, EUA.

Javier Aldecoa -
Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, Espanha.

José Carlos Amorim -
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

José Eugênio Leal -
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio, Brasil.

Kent Gourdin -
College of Charleston, EUA.

Luiz Antonio Silveira Lopes -
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Luiz Eduardo Brandão -
Pontifícia Universidade Católica - PUC-Rio/IAG, Brasil.

Patrícia Regina Pinheiro Sampaio -
Fundação Getúlio Vargas - FGV Direito, Brasil.

Priscila Laczynski de Souza Miguel -
Fundação Getúlio Vargas - FGV Celog/EAESP, Brasil.

Respício Antonio do Espírito Santo Jr. -
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/POLI, Brasil.

Rômulo Orrico -
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE, Brasil.

Vânia Barcellos Gouvêa Campos -
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

AVALIADORES CIENTÍFICOS AD HOC:

Altair dos Santos Ferreira Filho -
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Amir Mattar Valente -
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - PPGTG, Brasil.

Aurélio Lamare Soares Murta -
Universidade Federal Fluminense - UFF - Departamento de Administração, Brasil.

Bruno Vieira Bertoncini -
Universidade Federal do Ceará/DET, Brasil.

Camila Belleza Maciel Barreto -
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - LabTrans, Brasil.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade -
Universidade Federal de Goiás/Faculdade de Ciências e Tecnologia, Brasil.

Carlos Manuel Taboada Rodriguez -
Universidade Federal de Santa Catarina/ Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas - Brasil.

Cassiano Augusto Isler -
Universidade de São Paulo/USP - Departamento de Engenharia de Transportes, Brasil.

Cintia Isabel de Campos -
Universidade Federal de Goiás/Fcauldade de Ciências e Tecnologia - Brasil.

Eduardo Lobo -
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - PPGTG, Brasil.

Enilson Medeiros -
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil.

Francisco Heber Lacerda de Oliveira -
Universidade Federal do Ceará/DET, Brasil.

Leonardo Herszon Meira -
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Brasil.

Liedi Legi Bariani Bernucci -
Universidade de São Paulo/USP, Brasil.

Luciana Marques Vieira -
Fundação Getulio Vargas/EAESP, Brasil.

Newton Narciso Pereira -
Universidade Federal Fluminente/DEP, Brasil.

Orivalde Soares da Silva Júnior -
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Orlando Cattini Júnior -
Fundação Getulio Vargas/EAESP, Brasil.

Paulo Afonso Lopes -
Instituto Militar de Engenharia - IME, Brasil.

Peter Fernandes Wanke -
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPEAD, Brasil.

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira -
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET/MG, Brasil.

Renata Maré -
Universidade de São Paulo - USP/ Escola Politécnica - Instituto Mauá de Tecnologia, Brasil.

Richard Magdalena Stephan -
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ/COPPE/POLI, Brasil.

Rosângela dos Santos Motta -
Universidade de São Paulo/USP/EP/ PTR, Brasil.

Susana Carla Farias Pereira -
Fundação Getulio Vargas/EAESP, Brasil.

Thiago Guilherme Péra -
Universidade de São Paulo - USP/ ESALQ-LOG, Brasil.

APOIO ADMINISTRATIVO:

Valdélia Brito –
FGV Transportes, Brasil

REVISÃO GRAMATICAL E ORTOGRÁFICA:

Jeferson Dantas, Brasil

TRADUÇÃO E REVISÃO DE INGLÊS:

Patrícia Tate, Brasil

DIAGRAMAÇÃO:

Bruno Masello e
Carlos Quintanilha, Brasil

REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES – RBT / FGV TRANSPORTES

Praia de Botafogo, 190 / 6º andar,
Botafogo, Rio de Janeiro, RJ,
Cep. 22.250-900

Submissão de artigos:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/about/submissions

E-mail:
rbt@fgv.br

Os conceitos, metodologias, métodos, técnicas e propostas expressas nos artigos publicados na RBT são de inteira responsabilidade de seus autores, não representando necessariamente a posição institucional da FGV.

Permitida a reprodução total ou parcial dos artigos, desde que mencionada a fonte.

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT

PUBLICATION OF THE FGV TRANSPORTES STUDY CENTER
GETULIO VARGAS FOUNDATION - FGV

EDITORIAL TEAM

EDITOR IN CHIEF:
Marcus Vinícius Quintella Cury –
Getulio Vargas Foundation - FGV Transport, Brazil.

EXECUTIVE EDITOR:
Marcelo Prado Sucena –
Getulio Vargas Foundation - FGV Transport, Brazil.

THEME EDITORS:
Alan Ricardo da Silva -
University of Brasília - UNB, Brazil.

Álvaro Costa -
Faculty of Engineering of the University of Porto - FEUP, Portugal.

Bruno Vieira Bertoncini -
Federal University of Ceará/DET, Brazil.

Fariya Sharmeen -
KTH Royal Institute of Technology - Stockholm, Sweden.

Gustavo Riente de Andrade -
University of Florida Transportation Institute, USA.

Javier Aldecoa -
Official College of Architects of Madrid, Spain.

José Carlos Amorim -
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

José Eugênio Leal -
Pontifical Catholic University - PUC-Rio, Brazil.

Kent Gourdin -
College of Charleston, USA.

Luiz Antonio Silveira Lopes -
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Luiz Eduardo Brandão -
Pontifical Catholic University - PUC-Rio, Brazil.

Patrícia Regina Pinheiro Sampaio -
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Priscila Laczynski de Souza Miguel -
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Respício Antonio do Espírito Santo Jr. -
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Rômulo Orrico -
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Vânia Barcellos Gouvêa Campos -
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

SCIENTIFIC REVIEWERS AD HOC:

Altair dos Santos Ferreira Filho -
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Amir Mattar Valente -
Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil.

Aurélio Lamare Soares Murta -
Federal Fluminense University - UFF, Brazil.

Bruno Vieira Bertoncini -
Federal University of Ceará - UFC, Brazil.

Camila Belleza Maciel Barreto -
Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil.

Carlos Eduardo Sanches de Andrade -
Federal University of Goiás - UFG, Brazil.

Carlos Manuel Taboada Rodriguez -
Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil.

Cassiano Augusto Isler -
University of São Paulo - USP , Brazil.

Cintia Isabel de Campos -
Federal University of Goiás - UFG, Brazil.

Eduardo Lobo -
Federal University of Santa Catarina - UFSC, Brazil.

Enilson Medeiros -
Federal University of Pernambuco - UFPE, Brazil.

Francisco Heber Lacerda de Oliveira -
Federal University of Ceará - UFC, Brazil.

Leonardo Herszon Meira -
Federal University of Pernambuco - UFPE, Brazil.

Liedi Legi Bariani Bernucci -
University of São Paulo - USP, Brazil.

Luciana Marques Vieira -
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Newton Narciso Pereira -
Federal University Fluminente- UFF, Brazil.

Orivalde Soares da Silva Júnior -
Military Engineering Institute - IME, Brazil.

Orlando Cattini Júnior -
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Paulo Afonso Lopes -
Military Engineering Institute -- IME, Brazil.

Peter Fernandes Wanke -
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Renata Lúcia Magalhães de Oliveira -
Federal Center for Technological Education of Minas Gerais - CEFET/MG, Brazil.

Renata Maré -
University of São Paulo - USP, Brazil.

Richard Magdalena Stephan -
Federal University of Rio de Janeiro - UFRJ, Brazil.

Rosângela dos Santos Motta -
University of São Paulo - USP, Brazil.

Susana Carla Farias Pereira -
Getulio Vargas Foundation - FGV, Brazil.

Thiago Guilherme Péra -
University of São Paulo - USP, Brazil.

ADMINISTRATIVE SUPPORT:
Valdélia Brito –
FGV Transportes, Brasil

PORTUGUESE SPELLING AND GRAMMAR REVIEW:
Jeferson Dantas, Brasil

REVISION AND ENGLISH TRANSLATION:
Patrícia Tate, Brasil

LAYOUT AND FINISHED ARTWORK:
Bruno Masello e
Carlos Quintanilha, Brasil

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT / FGV TRANSPORTES

Botafogo Beach, 190 / 6th floor,
Botafogo, Rio de Janeiro, RJ,
Brazil, Postal Code 22.250-900

Submissions:
http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rbt/about/submissions

E-mail:
rbt@fgv.br

The concepts, methods, methodologies, techniques and proposals expressed in the articles published in the RBT are the sole responsibility of their authors, and do not necessarily represent the institutional position of FGV.

Total or partial reproduction of articles is allowed, provided the source is mentioned.

SUMÁRIO / SUMARY

EDITORIAL

8 Revista Brasileira de Transportes - RBT
Brazilian Transport Journal – RBT

11 ENTREVISTA RBT / RBT INTERVIEW

José Luis Vidal,
Presidente do Conselho Diretivo e Diretor Executivo da Associação Nacional das Ferrovias Autorizadas - ANFA

Chair of the Board of Directors and Executive Director of the National Authorised Railways Association (ANFA)

20 ARTIGOS / ARTICLES

Resiliência climática em portos: o caso do Porto do Açu

Climate resilience in ports: case study of the Port of Açu

48 Aplicação da Lei 12.996/2014: Aspectos controvertidos no transporte rodoviário de passageiros no Brasil

Application of Law nº 12,996/2014: Controversial aspects for passenger road transport in Brazil

84 O uso do biodiesel para reduzir as emissões de CO_2 causadas pela frota de ônibus urbanos do Rio de Janeiro

The use of biodiesel to reduce CO_2 emissions caused by the urban bus fleet of Rio de Janeiro

128 Infraestrutura de transporte, desenvolvimento socioeconômico e meio ambiente: uma análise bibliométrica e da rede de cocitação

Transport infrastructure, social and economic development, and the environment: a bibliometric and co-citation network analysis

168 Corredores multimodais para exportação de grãos no mato grosso: uma análise de concorrência

Multimodal grain export corridors in mato grosso state: an analysis of the competition

208 Logística e agricultura: o papel dos investimentos em infraestrutura para o avanço da produção de soja no cerrado

Logistics and agriculture: the role of infrastructure investments for expansion of soybean production in the cerrado savannas



REVISTA BRASILEIRA DE TRANSPORTES - RBT

V.2
N.2
DEZ
2022

BRAZILIAN TRANSPORT JOURNAL – RBT

V.2
N.2
DEC
2022

A RBT é uma publicação da FGV Transportes, centro de estudos em transportes, logística e mobilidade urbana da FGV, cujo propósito é contribuir, de maneira incisiva e destacada, para a evolução do pensamento estratégico e desenvolvimentos acadêmico, empresarial, econômico e social do país, por meio da divulgação de artigos científicos originais e inéditos.

A RBT é publicada exclusivamente em ambiente virtual, com periodicidade semestral, e tem acesso aberto e submissão contínua por meio do seu endereço eletrônico (https://transportes.fgv.br/revista-rbt).

Focused on Brazil's transportation industry, the RBT journal is published by the *FGV Transportes* Centre for Transport, Logistics and Urban Mobility. The purpose of this scientific journal is to offer incisive and noteworthy contributions to the progress of strategic thinking and the academic, business, economic, and social development of Brazil, through disseminating original and unpublished papers.

Published half-yearly, this digital-only journal offers open access and a continuous submission process through its website: https://transportes.fgv.br/revista-rbt.

EDITORIAL

Com grande satisfação, apresentamos a quarta edição da RBT, segunda de 2022, que traz uma entrevista com José Luis Vidal, Presidente do Conselho Diretivo e Diretor Executivo da Associação Nacional das Ferrovias Autorizadas – ANFA, quatro artigos científicos submetidos, devidamente avaliados e aprovados pelo nosso corpo editorial, e dois artigos convidados.

Mais uma vez agradecemos aos colegas professores e pesquisadores que participaram das avaliações dos artigos submetidos, bem como aos autores que tiveram seus artigos aprovados para compor a presente edição da RBT.

A entrevista com José Luiz Vidal apresenta uma visão geral e as expectativas futuras sobre o novo Marco Legal das Ferrovias, Lei nº 14.273, de 2021, recentemente regulamentada pelo Decreto nº 11.245, de 2022, que criou o Programa de Desenvolvimento Ferroviário para articular prioridades do setor e facilitar investimentos privados na construção de ferrovias, no aproveitamento de trechos ociosos e na prestação do serviço de transporte ferroviário.

O primeiro artigo apresenta o caso do Porto do Açu, no que tange à resiliência climática em portos, de autoria de Luiz Gustavo Cruz Henriques da Silva, Juliane Castro Carneiro, Fernanda Gabriela Gobbo Sossai, Alexander Kataoka Ishikawa e Tomaz Bretano, profissionais da empresa Porto do Açu Operações S.A., e de João Paulo Hinke Dobrochinski, da consultora Deltares.

O segundo artigo, intitulado "Aspectos Controvertidos no Setor de Transporte Rodoviário de Passageiros Oito Anos após a Edição da Lei 12.996/2014: os Debates sobre o Desenho Regulatório", tem a autoria de Alexandre Ortigão Sampaio Buarque Schiller, da FGV/Rio, e Felipe Freire da Costa, da ANTT.

O terceiro artigo trata do uso de biodiesel para reduzir as emissões de CO_2 causadas pela frota de autocarros urbanos do Rio de Janeiro, cuja autoria é do professor e pesquisador Aurelio Lamare Soares Murta, da Universidade Federal Fluminense – UFF.

O artigo seguinte, o quarto, escrito por Fernando Rocha e José Vicente Caixeta Filho, ambos professores e pesquisadores da Universidade de São Paulo – USP, aborda o tema da infraestrutura de

With great satisfaction, we present the fourth edition of the RBT, the second in 2022. It presents an interview with José Luis Vidal, Chairman of the Board of Directors and Executive Director of the National Authorised Railways Association (ANFA), four scientific papers that were duly submitted, reviewed and approved by our Editorial Board, and two guest papers.

Once again we thank our fellow professors and researchers who helped review the submissions, as well as the authors whose papers were approved for publication in this edition of the RBT journal.

The interview with José Luiz Vidal offers an overview and future expectations about Brazil's new Rail Legal Framework, enacted through Law Nº 14,273 in 2021. It was recently (2022) regulated by Decree Nº 11,245, which set up the Rail Development Programme. This will interconnect sector priorities and streamline private investments in railway construction, making better use of idle segments, and rendering rail transport services.

The first paper presents a case study of the Port of Açu, focused climate resilience at ports, and authored by Luiz Gustavo Cruz Henriques da Silva, Juliane Castro Carneiro, Fernanda Gabriela Gobbo Sossai, Alexander Kataoka Ishikawa, and Tomaz Bretano, all employees of the Porto do Açu Operações S.A. company, and Deltares consultant João Paulo Hinke Dobrochinski.

Entitled Application of Law Nº 12,996/2014: *Controversial Aspects for Passenger Road Transport in Brazil* Controversial Aspects in the Passenger Road Transport Sector, Eight Years after the Promulgation of Law 12,996/2014: Discussions on Regulatory Design, the second paper is authored by Alexandre Ortigão Sampaio Buarque Schiller (FGV/Rio) and Felipe Freire da Costa, (ANTT).

The third paper deals with the use of biodiesel to reduce CO_2 emissions caused by the urban bus fleet in Rio de Janeiro, authored by professor and researcher Aurelio Lamare Soares Murta, with the Fluminense Federal University (UFF).

The fourth paper is penned by Fernando Rocha and José Vicente Caixeta Filho,

transporte, desenvolvimento socioeconômico e meio ambiente, a partir de uma análise bibliométrica e da rede de cocitação.

O penúltimo artigo, de número cinco, escrito por Thiago Guilherme Péra e José Vicente Caixeta Filho, ambos professores e pesquisadores da Universidade de São Paulo -USP, apresenta uma análise da concorrência de corredores multimodais para exportação de grãos no Mato Grosso.

O sexto e último artigo, "Logística e Agricultura: o Papel dos Investimentos em Infraestrutura para o Avanço da Produção de Soja no Cerrado", tem a autoria dos seguintes professores e pesquisadores da Universidade de São Paulo – USP: Everton Lima Costa, Abner Abner Matheus João, José Vicente Caixeta Filho e Thiago Guilherme Péra.

Esperamos publicar a quinta edição da RBT ainda no primeiro semestre de 2023 e, para isso, contamos com a divulgação de nossa revista pela comunidade da área de transportes, logística e mobilidade urbana, para que seus professores, pesquisadores e profissionais possam submeter seus artigos científicos na plataforma da RBT.

Vale lembrar que as submissões de artigos devem ser feitas pelo *link* https://transportes.fgv.br/revista-rbt

Desejamos a todos uma excelente leitura!

Marcus Vinicius Quintella Cury
Editor Chefe

both professors and researchers with the University of São Paulo (USP). It explores the issue of transport infrastructure, social and economic development, and the environment, through a bibliometric analysis and the co-citation network.

The fifth and penultimate paper is written by Thiago Guilherme Péra and José Vicente Caixeta Filho, both professors and researchers at the University of São Paulo (USP). It presents an analysis of the competition for grain exports among multimodal corridors in Mato Grosso State.

Entitled *Logistics and Agriculture: the Role of Infrastructure Investments for the Expansion of Soybean Production in the Cerrado Savannas*, the sixth and final paper is authored by the following professors and researchers from the University of São Paulo (USP): Everton Lima Costa, Abner Matheus João, José Vicente Caixeta Filho and Thiago Guilherme Péra.

We hope to publish the fifth edition of RBT in the first half of 2023. To do so, we are counting on the dissemination of our journal by the transport, logistics and urban mobility community, encouraging its professors, researchers and professionals to submit their scientific papers through the RBT platform.

It is worth noting that papers should be submitted through the following link: https://transportes.fgv.br/revista-rbt

We wish you all an enjoyable read!

Marcus Vinicius Quintella Cury
Editor-in-Chief

JOSÉ LUIS VIDAL

Presidente do Conselho Diretivo e Diretor Executivo da Associação Nacional das Ferrovias Autorizadas - ANFA

JOSÉ LUIS VIDAL

Chair of the Board of Directors and Executive Director of the National Authorised Railways Association (ANFA)

José Luis Vidal é Engenheiro Elétrico pela Escola de Engenharia Mauá, com especializações em Economia Mundial pela Faculdade de Economia da Universidade do Porto – FEP, Gestão de Risco e Tomada de Decisão Financeira pela Universidade de Chicago e Liderança na Inovação pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts - MIT (*Prêmio Fire Hydrant Award*). É pós-graduado em Administração de Empresas pela Escola Superior de Propaganda e Marketing – ESPM, certificado como Conselheiro de Administração Experiente (CCA+) pelo Instituto de Governança Corporativa – IBGC e concluiu o Programa de Educação continuada em Gerenciamento de Risco Corporativo e Curso Avançado para Membros de Conselho de Administração – IBGC. Possui mais de 25 anos no setor de infraestrutura e logística e, atualmente, ocupa as posições de Presidente do Conselho Diretivo e Diretor Executivo da Associação Nacional das Ferrovias Autorizadas – ANFA e de Coordenador do Comitê de Infraestrutura e Logística da Rede Governança Brasil – RGB. É membro dos seguintes Conselhos de Administração: Santos Brasil S. A,

José Luis Vidal is an electrical engineer with a degree from the Mauá School of Engineering, with specialised studies in World Economics at the School of Economics, the University of Porto; Risk Management and Financial Decision-Making at the University of Chicago; and Leadership in Innovation at Massachusetts Institute of Technology – MIT (Fire Hydrant Award). He holds a post-graduate degree in Business Administration from the School of Advertising and Marketing (ESPM), and is certified as an Experienced Board Member (CCA+) by the Institute of Corporate Governance (IBGC); he completed the Continuing Education Programme in Corporate Risk Management and Advanced Course for Board Members (IBGC). Having spent over 25 years in the infrastructure and logistics sector, he currently holds the positions of Chair of the Board and Executive Director of the National Authorised Railways Association (ANFA). He is also the Coordinator of the Infrastructure and Logistics Committee in the Brazil Governance Network (RGB). He is a member of the following Boards of Directors: Santos Brasil SA, BEMISA – Brasil Exploração Mineral S.A., and WV Logistics. He sits on the Board of the Brazil Export Forum and cooridnates the first Programme for the

BEMISA – Brasil Exploração Mineral S.A e WV Logistics. É membro do Conselho do Fórum Brasil Export e Coordenador do 1° Programa de Aperfeiçoamento em Governança, Compliance e Gestão de Riscos com Ênfase no Transporte e na Infraestrutura, promovido pelo Instituto Latino-Americano de Governança e Compliance Público, para os associados da CNT.

RBT – Segundo dados recentes da ANTT, o Brasil possui 29.878 quilômetros de ferrovias, mas 62,1% dos trilhos (18.554 quilômetros) encontram-se subutilizados e 23,7% (7.076 quilômetros) ociosos. Diante desse cenário, no final de 2021, surge o novo Marco Legal das Ferrovias, Lei 14.273/21, com destaque para o regime de autorizações ferroviárias para a iniciativa privada. Como esse novo regime poderá impulsionar o modo ferroviário brasileiro e contribuir para o equilíbrio da matriz de transporte de cargas?

José Luis Vidal - O Brasil, entre os países de dimensões semelhantes, é o que menos utiliza o sistema ferroviário para o transporte de cargas, com somente 21,5% do volume total de cargas sendo transportado pelas ferrovias, bem menos do que na Rússia, Canadá, Austrália, Estados Unidos e China. Na Rússia, 81% das cargas são transportadas em linhas férreas, muito à frente do índice canadense, de 46%. Na sequência, aparecem Austrália e EUA (43%), e China (37%), índices mais próximos do que poderíamos ter. No Brasil, em 2020, 68% do volume de cargas foi transportado em apenas 9% das ferrovias em operação.

Em 2020, o Brasil movimentou 365 milhões de toneladas por ferrovias. Desse total, 250 milhões foram transportados em ferrovias operadas pela VALE, EFC e EFVM, com 1.900 km de extensão. Os outros 115 milhões de toneladas foram movimentados nos restantes 18.600 km de ferrovias em operação, ou seja, 9% da malha ferroviária em operação no Brasil transportou 68% do volume de carga e, nos 91% da malha restante, circulou o terço restante das cargas (32%). É importante destacar que, do total movimentado pela VALE, EFVM e EFC, somente 8,8% eram cargas de terceiros.

Improvement in Governance, Compliance and Risk Management with an Emphasis on Transportation and Infrastructure, organised by the Latin American Institute of Governance and Public Compliance, for CNT members.

RBT – According to recent ANTT data, Brazil has 29,878 kilometres of railways, but 62.1% of the tracks (18,554 kilometres) are underused, and 23.7% (7,076 kilometres) lie idle. In this context, Brazil's new Legal Railway Framework was established in late 2021 through Law Nº 14,273/21, focussing particularly on the railway authorisation system for the private sector. How can this new setup boost railway transport in Brazil and contribute to a more evenly balanced cargo transport matrix?

José Luis Vidal – Among countries of a similar size, Brazil uses the rail system the least for cargo transportation, with only 21.5% of its total cargo volumes carried by rail, which is much less than in Russia, Canada, Australia, the United States, and China. In Russia, 81% of cargo is carried by rail, far ahead of the Canadian figure of 46%. next are Australia and the US (43%), and China (37%), which are closer to the Brazilian possibilities. However, in 2020, 68% of Brazil's cargo volumes were hauled by only 9% of the railways currently in operation.

In 2020, Brazil shipped 365 million tons by rail: 250 million tons were carried by railways operated by VALE, EFC, and EFVM, with a length of 1,900 kilometres. The remaining 115 million tons were shipped on the remaining 18,600 kilometres of railways in operation – in other words, only 9% of Brazil's operating rail network carried 68% of its cargo volumes, while the remaining 91% of the network hauled the remaining third of the cargo (32%). It is important to stress that only 8.8% of the total cargoes handled by VALE, EFVM, and EFC were third-party loads.

In the view of ANFA, Brazil's new Railway Legal Framework and the railway authorisation system could alter this context, attracting investments in infrastructure and boosting economic and social development in many parts of the nation.

A ANFA entende que o novo Marco Legal das Ferrovias e o regime de autorizações ferroviárias podem mudar esse cenário, ampliando os investimentos em infraestrutura gerando desenvolvimento econômico e social nas diversas regiões do país.

RBT – No início de 2022, foi criada a Associação Nacional das Ferrovias Autorizadas (ANFA), entidade que representa as empresas envolvidas nas implantações de ferrovias pelo sistema de autorização, com você como primeiro diretor executivo. Quais são os principais objetivos da ANFA e como será sua atuação para contribuir com a melhoria da infraestrutura ferroviária do país?

José Luis Vidal - A missão da ANFA é apoiar o setor privado na implantação de novas ferrovias, aproximando o setor das melhores práticas ESG e contribuindo com o desenvolvimento do país. Queremos apoiar o governo a desenvolver uma política de Estado, e, consequentemente, uma regulação que propicie o equilíbrio da relação entre os atuais concessionários e as autorizadas.

Outra perspectiva será fomentar a indústria ferroviária brasileira, que está praticamente parada. Sem grandes encomendas por parte dos atuais concessionários ferroviários de cargas e passageiros, os fabricantes de trens instalados no país estão vivendo de eventuais exportações e das bem menores receitas das áreas de serviços, incluindo reformas e modernizações de equipamentos já em operação.

No segmento de passageiros, a ociosidade na fabricação de trens (considerando que cada trem é composto por uma locomotiva e oito carros) está em 80%. Na área de cargas, incluindo locomotivas e vagões, chega a quase 100%. A construção e operação de ferrovias autorizadas pode ajudar a dinamizar esse setor, assim como promover desenvolvimento socioeconômico longe dos grandes centros atuais

Somos favoráveis a um Brasil industrializado.

RBT – In early 2022, the National Authorised Railways Association (ANFA) was set up to represent companies involved in railway implementation under the authorisation system, with you as its first Executive Director. What are the main purposes of ANFA? And how will it contribute to enhancing Brazil's rail infrastructure?

José Luis Vidal – The mission of ANFA is to support the private sector for the implementation of new railways, bringing this sector closer to ESG best practices and contributing to the development of the nation. We intend to support the government in developing a state policy, and consequently a set of regulations that underpin a well-balanced relationship between current concessionaires and authorisees.

Another approach will be to foster the Brazilian rail industry, which is close to stagnant. Without large orders from current rail freight and passenger concessionaires, train manufacturers in Brazil are living off occasional exports, with much lower revenues from service areas, including the renovation and modernisation of equipment already in operation.

In the passenger segment, idle train manufacturing capacity reaches 80%, assuming that each train consists of a locomotive and eight cars. But in the cargo area, including locomotives and wagons, it reaches almost 100%. The construction and operation of authorised railways can help boost this sector, while promoting social and economic development away from today's major hubs.

We are in favour of an industrialized Brazil.

RBT - O quadro ferroviário atual não gera interesse em novos investidores e empreendedores para o patrocínio do desenvolvimento logístico do país, visto que a matriz brasileira de transporte de cargas é dominada pelo modo rodoviário, que detém uma fatia de 65%, ficando o modo ferroviário com apenas 21%. Como as autorizações ferroviárias poderão contribuir para maior racionalidade e melhor equilíbrio da matriz de transportes de cargas, oferecendo transporte para o agronegócio, produtos industrializados, combustíveis e contêineres, além do predominante transporte de minérios e carvão?

José Luis Vidal - O Brasil tem uma baixa integração regional do seu sistema ferroviário, com a malha atual basicamente sendo a mesma dos anos 90. Isso provocou um baixo ritmo de crescimento das cargas ferroviárias: registramos 2,8% de crescimento anual nos últimos 10 anos. Um número muito modesto para um país que no mesmo período multiplicou suas exportações de grãos.

Levando em consideração apenas o transporte de grãos, vemos que o Brasil apresenta baixo percentual de transporte ferroviário, com ineficiências e sobrecustos muito significativos. Dos 305 milhões de toneladas de grãos produzidos, 69 milhões foram transportados por ferrovias, ou apenas 22,6%.

A competividade da produção brasileira passa pela necessidade de alternativas logísticas que permitam diminuir o "Custo Brasil" e aumentar a eficiência. Esse custo pode ser reduzido com a implantação de novas ferrovias que permitam a universalização do transporte ferroviário, e que evitem os conflitos com a carga própria. Isso poderá permitir o acesso a usuários que isoladamente não conseguem maximizar a sua capacidade pela existência de gargalos ferroviários.

A ampliação do sistema nacional ferroviário, com a integração aos outros modais, é fundamental para maximizar a performance de cada etapa da intermodalidade. As autorizações ferroviárias, de iniciativa e financiamento privado, além de altamente convergentes com as soluções ESG, são fundamentais para a necessária ampliação da participação ferroviária na matriz de transportes nacional.

RBT – The current rail framework does not arouse interest among new investors and entrepreneurs in sponsoring the nation's logistics development, as Brazil's cargo transport matrix is dominated by the road option (with a 65% share), while rail has only 21%. How can rail authorisations lead to a more rational and better-balanced cargo transport matrix, offering transport facilities for agribusiness, industrialized products, fuels, and containers, in addition to the predominant transport of ores and coal?

José Luis Vidal – Brazil's rail system has poor regional integration, with the current network basically unchanged since the 1990s. This has led to a low growth rate for rail loads: 2.8% annual growth in the last ten years. This is a very modest figure for a nation that multiplied its grain exports during this period.

Looking only at grain shipments, we see that Brazil has a low percentage of rail transport, with inefficiencies and very significant overpricing. Out of 305 million tons of grain produced, a mere 69 million tons were hauled by rail – equivalent to only 22.6%.

The competitiveness of Brazilian output involves the need for logistics alternatives that help reduce the Brazil Cost, while enhancing efficiency. This cost can be lowered by building new railways that allow universal access to rail transport, avoiding conflicts with its own loads. This could allow access for users who cannot maximize their capacity alone, due to rail bottlenecks.

The expansion of Brazil's rail system (and its integration with other means of transport) is a vital step towards maximizing the performance of each intermodal stage. Held and financed privately, rail authorisations are essential for the necessary expansion of the rail share in Brazil's transport matrix, in addition to being strongly convergent with ESG solutions.

RBT - As atuais concessionárias, caso sejam afetadas pela entrada em operação de alguma ferrovia autorizada, poderão migrar para o novo regime jurídico de autorização, sem prejuízo das obrigações contidas nos atuais contratos, no que se refere a investimentos e manutenção do transporte de cargas e passageiros. Qual seria o resultado prático desse eventual cenário?

José Luis Vidal - É importante que a agência reguladora e o governo federal avaliem se a migração dos atuais contratos de concessão para contratos de autorização contribuirá efetivamente para o aumento da competitividade do transporte ferroviário, sempre tendo como objetivo principal a expansão da malha, a conquista de novos mercados e o desenvolvimento de novos serviços.

Outro ponto a destacar é que o modelo de capital de uma ferrovia que foi construída pelo Estado e concedida à iniciativa privada tem uma estrutura de remuneração do capital muitas vezes diferente de uma autorizatária, que assume 100% do risco de implantação de um novo trecho.

RBT – Parece existir um consenso de que o novo regime de autorizações ferroviárias seja acompanhado de uma regulação para viabilizar a obrigatoriedade do tráfego mútuo e direito de passagem nos novos ramais, trechos ferroviários autorizados e nas ferrovias existentes, que são operadas sob o regime de concessão. Isso é viável na prática, em termos operacionais e comerciais?

José Luis Vidal - Teremos de entender as particularidades operacionais, administrativas, financeiras e comerciais do modelo de concessão e de autorização, e desenvolver regulação que equilibre a relação de forma justa.

Essa regulação pode ser desenvolvida pela ANTT, que pode supervisionar o nível de cumprimento que os autorizatários entregarão à sociedade e as obrigações dos concessionários com foco no atendimento ao público, evitando distorções de mercado que se assemelhem a monopólios privados.

É fundamental para o país que o setor ferroviário seja mais plural e com um número maior de operadores.

RBT – If affected by the start-up of operations by an authorised railway, current concessionaires may migrate to the new legal authorisation regime, without adversely affecting the obligations in their agreements, in terms of investments and maintenance of the cargo and passengers transport. What would be the practical outcome of this possible scenario?

José Luis Vidal – It is important for the Regulator and the Federal Government to assess whether migrating current concession agreements to authorisation agreements will effectively endow the rail transport sector with a keener competitive edge. The main goal must always be the expansion of the network, expanding into new markets, and developing new services.

Another point to highlight is that the capital model for a state-built railway that is then awarded to the private sector has a capital compensation structure that is often quite different to that of an authorisee, which accepts 100% of the risk of laying a new track.

RBT – There seems to be a consensus that the new rail authorisation regime will be accompanied by regulations ensuring the feasibility of mandatory mutual traffic and rights of way on new lines, authorised railway segments and existing railways operated under the concession regime. Is this feasible in practice, in operating and commercial terms?

José Luis Vidal – We will have to understand the specific operating, administrative, financial, and commercial characteristics of the concession and authorisation models, developing regulations that keep this relation balanced fairly.

These regulations may be drawn up by the ANTT, which can oversee the level of compliance delivered to society by authorisees. Together with concessionaire obligations, focused on serving the public, and avoiding market distortions that resemble private monopolies.

It is essential for the nation that its railway sector becomes more plural, with more operators.

RBT – O decreto nº 11.245/2022 foi publicado para regulamentar a lei nº 14.273/2021, denominada de "Lei das Ferrovias", e institui o programa de desenvolvimento ferroviário, cujo objetivo é criar condições para acelerar o processo de devolução de trechos subutilizados na malha ferroviária concedida. Qual é a sua visão sobre a aplicabilidade prática desse decreto?

José Luis Vidal - A lei aprovada pelo Congresso moderniza o setor e gera mais empregos, possibilitando o investimento privado em ferrovias. O novo marco cria condições para aumentar a eficiência, promovendo a diminuição de sobrecustos por sobreutilização do transporte rodoviário, estipulando a autorregulação, reprimindo as práticas anticompetitivas, permitindo o múltiplo acesso às ferrovias e criando o agente transportador ferroviário.

O instrumento das autorizações já apresentou resultados muito significativos no setor portuário com a atual Lei de Portos (Lei 12.815/2013) e, mais recentemente, no setor aeroportuário (Aeroporto Catarina, em São Roque). Estima-se que o mesmo ocorrerá no setor ferroviário, uma vez que as autorizações apresentam um regime jurídico mais ágil e menos burocrático em comparação com as concessões.

Atualmente, estão estimados investimentos de R$ 240 bilhões, nos próximos 10 anos, ou seja, quinze vezes mais do que os R$ 16 bilhões investidos no setor, nos últimos 10 anos. Em um momento em que o Estado brasileiro precisa priorizar o combate às carências sociais, e, simultaneamente, ampliar a infraestrutura, sempre precursora do desenvolvimento, a criação de soluções combinadas são essenciais para o contínuo crescimento do país.

As autorizações ferroviárias, de iniciativa e financiamento privado, além de altamente convergentes com o conceito ESG, são fundamentais para a necessária ampliação da participação ferroviária na matriz de transportes nacional.

RBT – Decree Nº 11,245/2022 was published to regulate the Rail Act (Law Nº 14,273/2021). It establishes a rail development programme, whose purpose is to establish the conditions needed to fast-track the process of returning granted but underused rail segments to the Government. What is your view of the practical applicability of this Decree?

José Luis Vidal – The law passed by Congress modernises this sector and generates more jobs, encouraging private investments in railways. The new framework creates the conditions needed to increase efficiency, with less overpricing caused by the overuse of road transport, stipulating self-regulation, repressing anticompetitive practices, allowing multiple access to railways, and introducing the figure of the rail transport agent.

The authorisation option has already presented very significant results in the port sector, with the current Ports Act (Law Nº 12.815/2013). This was repeated more recently in the airport sector at Catarina Airport, in São Roque. It is expected that the same will occur in the rail sector, as the legal system for authorisations is nimbler, with less paperwork than concessions.

Currently, investments of BRL 240 billion (about USD 48 billion) are expected in the next ten years. This is fifteen times more than the BRL 16 billion (over USD 3.2 billion) invested in this sector during the past ten years. At a time when the Brazilian State needs to assign top priority to addressing social shortfalls, while at the same time expanding the infrastructure (which is always a harbinger of development), creating combined solutions is essential for the steady growth of the nation.

Privately held and funded rail authorisations are essential for the necessary expansion of the rail share in Brazil's transport matrix, in addition to converging firmly with the ESG concept,

RBT – O decreto nº 11.245/2022 estipulou prazos para que as autorizatárias cumpram as etapas para o início da implantação das vias. São três anos para obter a licença prévia, cinco anos para a licença de instalação e 10 anos para a de operação. Esses prazos são adequados? Quais são os principais projetos prontos para serem implementados?

José Luis Vidal - A ANFA entende que o modelo de autorizações pode ajudar a acelerar o desenvolvimento do país, ampliando a movimentações de cargas e apoiando a redução do Custo Brasil. O grande número de autorizações solicitadas reforça que há, de fato, grande demanda reprimida para movimentação em ferrovias.

Inicialmente, os prazos são viáveis, mas, para que os projetos comecem a ser implementados, é importante a criação de uma normatização adequada, que garanta segurança jurídica para atração do investidor privado, seja doméstico ou internacional.

Também é importante destacar que o contrato de autorização ferroviária é o passo inicial para o desenvolvimento do projeto e que, com a realização dos estudos de engenharia, por exemplo, muitas vezes é necessária a revisão do traçado definido inicialmente no contrato.

RBT – Atualmente, as autorizações ferroviárias totalizam 22 mil quilômetros de novos trilhos em todo o país, com projeção de investimentos de mais de R$ 258 bilhões de recursos 100% privados. Mesmo assim, os investimentos públicos no setor ferroviário ainda serão necessários?

José Luis Vidal - Entendemos que o sistema ferroviário brasileiro deveria ser composto por mais de um modelo de gestão. Os investimentos privados em ferrovia substituirão, em parte, a necessidade de investimentos públicos no setor, já que as ferrovias, como todas as infraestruturas de logística e transportes, são investimentos de grande monta e indutores do desenvolvimento, e novas fronteiras econômicas podem ser abertas no Brasil com um transporte ferroviário eficiente e econômico, como a vasta experiência mundial demonstra há mais de um século.

RBT – Decree Nº 11,245/2022 set deadlines for authorisees to comply with the stages for starting to lay the lines: three years for obtaining the Prior Licence, five years for the Installation Licence, and ten years for the Operating Licence. Are these deadlines appropriate? What are the main projects ready to be implemented?

José Luis Vidal – ANFA believes that the authorisation model can speed up Brazil's development, expanding cargo flows and helping lower the Brazil Cost. The large number of authorisation applications confirms that there really is plenty of pent-up demand for shipping by rail.

Initially, the deadlines are feasible. But in order to make a start on project implementation, an appropriate set of standards must be drawn up that ensure juridical certainty and attract private investors, both domestic and international.

It is also important to stress that the railway authorisation agreement is the initial step in the development of a project. However, the route initially defined in the agreement must often be reviewed, after engineering studies, for example.

RBT – Currently, rail authorisations total 22,000 kilometres of new tracks nationwide, with investment forecasts of more than BRL 258 billion (close to USD 52 billion) of 100% private funding. Even so, will public investments still be needed in Brazil's rail sector?

José Luis Vidal – We believe that the Brazilian rail system should include more than one management model. Private investments in railways will partly replace the need for public funding in this sector, as railways – like all logistics and transport infrastructures – absorb massive investments and powerful drivers of development. New economic frontiers can be opened up in Brazil with efficient and cost-effective rail transport, as worldwide experiences have been demonstrating for over a century.

It is important to recall that Brazil embodies countless different realities. This shows us that the models for each region have their own particular characteristics, so we must seek models aligned as closely as possible with these

Importante lembrar que o Brasil é composto de inúmeras realidades diferentes, isso deve servir para nos mostrar que os modelos de cada região têm suas particularidades e devemos buscar modelos se aproximem ao máximo destas realidades. Que operar commodities minerais e ou agrícola é absolutamente diferente de operar carga geral e que, por tal, os compromissos de investimentos, as taxas de retorno, a gestão dos ativos, entre muitos outros pontos, têm de ser considerados de formas particulares e pontuais.

RBT – Por fim, como você analisa o mercado ferroviários brasileiro, em termos de demanda, atratividade comercial, segurança operacional, qualidade de serviço, regulação, eficiência energética, geração de empregos, controle ambiental e viabilidade financeira?

José Luis Vidal - O comprometimento com o meio ambiente não é mais uma opção e sim um pré-requisito de sobrevivência nessa nova forma de fazer negócio. As ferrovias autorizadas podem contribuir para o desenvolvimento de uma visão sistêmica do transporte brasileiro que possibilite o equilíbrio da matriz de transporte, propiciando a redução no consumo de energia fóssil, contribuindo para a diminuição das emissões de CO_2.

Com a ferrovia, a redução nas emissões de poluentes na atmosfera, comparada com o uso da rodovia, é estimada em cinco vezes, (fls. 24/27, Boletim de Logística - A Retomada dos Investimentos Ferroviários para Aumentar a Eficiência da Matriz de Transportes). Com isso, a ampliação da malha ferroviária contribui com o cumprimento das metas globais assumidas pelo Brasil, reduzindo as emissões de CO_2 e colaborando para o controle do clima.

realities. Hauling ores and/or agricultural commodities is quite different from handling general cargoes. This is why investment commitments, rates of return, and asset management must be considered in particular and location-specific ways, among many other aspects.

RBT – Finally, how do you analyse the Brazilian rail market in terms of demand, commercial appeal, operating safety, service quality, regulation, energy efficiency, job generation, environmental control, and financial feasibility?

José Luis Vidal – Commitment to the environment is no longer an option but rather a prerequisite for survival in this new way of doing business. Authorised railways can contribute to the development of a systemic overview that ensures an evenly balanced transport matrix for Brazil, consuming less fossil fuel and reducing CO_2 emissions.

Comparing rail to road, a fivefold reduction in emissions of pollutants in the atmosphere is expected (page 24/27, Boletim de Logística – A Retomada dos Investimentos Ferroviários para Aumentar a Eficiência da Matriz de Transportes). With this, the expansion of Brazil's rail network contributes to attaining the global goals accepted by Brazil, lessening CO_2 emissions and contributing to climate control.



ARTIGO 1



RESILIÊNCIA CLIMÁTICA EM PORTOS: O CASO DO PORTO DO AÇU

Luiz Gustavo Cruz Henriques da Silva
Porto do Açu Operações S.A.

Juliane Castro Carneiro
Porto do Açu Operações S.A.

João Paulo Hinke Dobrochinski
Deltares

Fernanda Gabriela Gobbo Sossai
Porto do Açu Operações S.A.

Alexander Kataoka Ishikawa
Porto do Açu Operações S.A.

Tomaz Bretano
Porto do Açu Operações S.A.

Porto do Açu - São João da Barra/RJ
Foto: Prumo Logística, Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2017

RESUMO

Os efeitos das mudanças climáticas constituem-se em um dos maiores desafios da atualidade. Em função da sua localização, os portos encontram-se no rol dos ativos de infraestrutura mais suscetíveis aos efeitos adversos de tais mudanças. Nesse contexto, é fundamental que a Administração Portuária compreenda as vulnerabilidades e riscos aos quais estão expostos a infraestrutura e as operações críticas do porto. O trabalho descreve a abordagem adotada pelo Porto do Açu, complexo porto-indústria privado localizado no estado do Rio de Janeiro. O trabalho foi estruturado em três etapas: 1) identificação dos regimes meteoceanográficos médio e extremos, atualmente presentes no porto; 2) projeção de cenários futuros em decorrência das mudanças climáticas e, por fim, 3) avaliação dos potenciais riscos e impactos de tais mudanças na infraestrutura e operações consideradas críticas do porto que, como desdobramento, poderia demandar a elaboração de planos de adaptação para aspectos identificados como vulneráveis. Como resultados, pode-se verificar que o Porto do Açu se encontra em uma área favorável com relação aos efeitos de mudanças climáticas, não sendo identificadas vulnerabilidades no curto prazo. Porém, é de grande importância que a Administração Portuária incorpore à sua gestão o exercício de discutir os tipos de vulnerabilidades e riscos aos quais o empreendimento está suscetível. Estas práticas incluem o desenvolvimento e manutenção de um sistema de monitoramento meteoceanográfico capaz de dar suporte às atividades diárias operacionais, e de estudos estratégicos como modelagens hidrossedimentológicos para canais de navegação.

Palavras-chave: Portos, Mudança climática, Riscos.

ABSTRACT

The effects of climate change constitute one of the greatest current challenges. Due to their location, ports are among the infrastructure assets most susceptible to the adverse effects of such changes. In this context, it is essential that the Port Administration understands the vulnerabilities and risks to which the infrastructure and critical operations of the port are exposed. This paper presents the approach adopted by Port of Açu, a private port-industry complex located in the northern region of the state of Rio de Janeiro. The work was structured in three stages: 1) identification of the medium and extreme meteoceanographic regimes currently present in the port; 2) projection of future scenarios because of climate change and, finally, 3) evaluation of potential risks and impacts of such changes in infrastructure and operations considered critical of the port which, as a result, could require the preparation of adaptation plans for aspects identified as vulnerable. As a result, Port of Açu is in a favorable area in relation to the effects of climate change, with no short-term vulnerabilities being identified. However, it is of great importance that the Port Administration incorporate into its management the exercise of discussing the types of vulnerabilities and risks the enterprise is susceptible to. Such practices include the development and maintenance of a meteoceanographic monitoring system capable of supporting daily operational activities, in addition to of strategic studies such as hydrosedimentological modeling for navigation channels.

Keywords: Ports, Climate change, Risks.

1. INTRODUÇÃO

Um dos desafios mais complexos da atualidade, os efeitos derivados das mudanças climáticas tais como eventos de ressaca, tempestades, mudanças nos regimes de ventos, elevação do nível do mar e da altura das ondas afetam diretamente o setor portuário. Em função da sua localização típica ao longo da costa, como no caso da maioria dos portos no Brasil, não restam dúvidas de que os portos encontram-se no rol dos ativos de infraestrutura mais suscetíveis aos efeitos adversos das mudanças climáticas (ANTAQ e GIZ, 2021).

Devido às consequências que podem trazer ao setor, o tema mudanças climáticas vem ganhando espaço gradativamente nas agendas globais dos portos marítimos. O tema das mudanças climáticas é atualmente classificado como uma das três principais prioridades a serem enfrentadas pelas autoridades portuárias e sistemas portuários (ESPO, 2019; WPSR, 2020; LIMA e SOUZA, 2022).

Portos são ativos de infraestrutura complexos e que demandam a mobilização de grandes somas de recursos para sua construção, operação, manutenção e desenvolvimento. Nesse contexto, os processos de análise e gestão de riscos permitem a perpetuação e o compartilhamento do conhecimento, a uniformização de entendimento e a conscientização quanto aos possíveis impactos pela gestão portuária (ARAÚJO; et al., 2021), sendo ponto de partida a compreensão da forma como as mudanças climáticas projetadas para a região do porto podem impactar tanto a sua infraestrutura quanto as operações consideradas críticas. A identificação de vulnerabilidades permite a elaboração de planos de ação específicos que, por sua vez, objetivam a mitigação dos novos riscos advindos das mudanças climáticas, tornando a reação à mudança climática algo gerenciável.

LIMA e SOUZA (2022) destacam que a lista de possíveis impactos para os portos marítimos e a indústria do transporte marítimo relacionados com perigos marinhos e eventos meteorológicos extremos são numerosos, entre os quais a intensificação das chuvas que causa atrasos na carga/descarga de carga nos portos. O aumento da tempestade pode também forçar a interrupção de canais portuários, agregando riscos à navegação e manobras de cais, o que representa riscos tanto para segurança marítima como para em terra (BROOKS e FAUST, 2018; IZAGUIRRE et al., 2021)

O presente artigo apresenta a abordagem adotada pelo Porto do Açu, localizado na região norte do estado do Rio de Janeiro, para a identificação de riscos à sua infraestrutura e a operações advindas das mudanças climáticas projetadas para a área do porto. Para tanto, uma abordagem composta de 3 etapas foi adotada de forma a (i) projetar cenários de mudanças climáticas para a área do porto, (ii) identificar riscos à infraestrutura e a operações regulares do porto em função das projeções e, em função dos resultados, (iii) elaborar planos de adaptação climática em resposta a vulnerabilidades eventualmente identificadas.

Nesse sentido, antes de adentrarmos ao método adotado pelo Porto do Açu, faz-se necessária uma breve contextualização sobre o empreendimento, como segue.

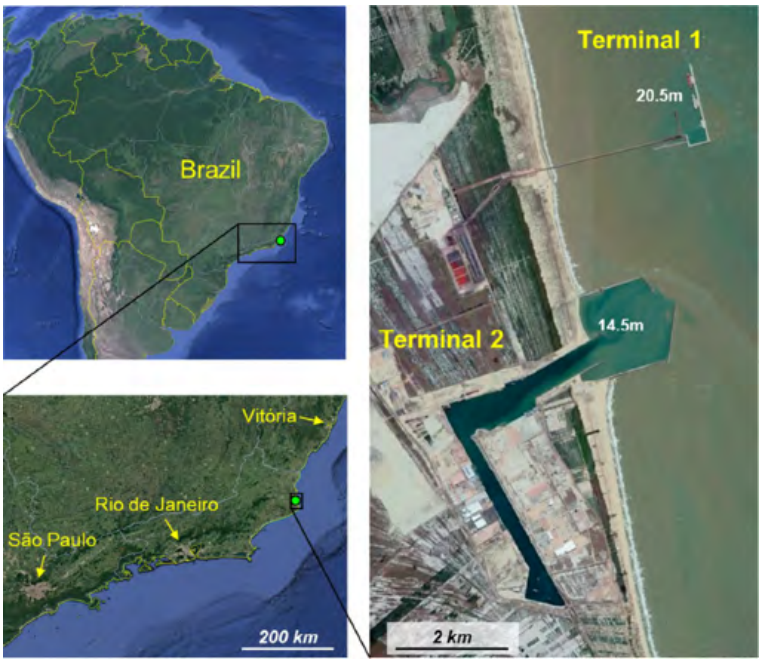
2. SOBRE O PORTO DO AÇU

O Porto do Açu é um complexo portuário e industrial localizado no município de São João da Barra, região norte do Estado do Rio de Janeiro, como apresentado na Figura 1. Contando com uma área total de 90 km^2 para desenvolvimento, o porto teve a sua construção iniciada no ano de 2007 com a obra da ponte do Terminal 1, e operações comerciais iniciadas em 2014 com o embarque de 80 mil toneladas de minério de ferro no navio "Key Light" (PORTO DO AÇU, 2022).

Com relação à infraestrutura portuária propriamente dita, o porto é subdividido espacialmente entre dois grandes grupos de terminais, nomeados Terminal 1 (T1) e Terminal 2 (T2). O T1, localizado mais a norte, é um terminal construído sobre ponte, protegido por quebra-mar constituído com caixões de concreto, onde se encontram os terminais de minério de ferro e de petróleo. O canal de acesso ao T1 é dragado para 25,0 metros em sua seção mais profunda. Em oposição, o T2 é um terminal escavado em terra, acessado por um canal marítimo dragado a 14,5 m e com largura de 300 metros em seu trecho mais largo. Chegando à linha natural da costa, o T2 é protegido por quebra-mares construídos com caixões de concreto, entre os quais se encontra uma bacia de evolução dragada a 14,5 metros, sendo que o canal de acesso continua em direção a terra dragado a 14,5 metros no trecho mais profundo (leste-oeste), e a 10,0 metros no trecho final e mais raso (norte-sul).

Único complexo porto-indústria privado em operação no Brasil (PORTO DO AÇU, 2020), o Porto do Açu conta atualmente com 10 Terminais de Uso Privado (TUPs) em operação que, juntos, movimentaram cerca de 55,8 milhões de toneladas de cargas no ano de 2021 entre cargas a granel, notadamente minério de ferro, petróleo e cargas associadas à indústria de óleo e gás (ANTAQ, 2022).

Figura 1: Localização do Porto do Açu.



Fonte: Dobrochinski e Weiland (2021).

Além do desenvolvimento de atividades portuárias propriamente ditas, o Porto do Açu posiciona-se como um empreendimento estratégico para os setores de óleo e gás e de energia: Atualmente passam pelo porto cerca de 30% do petróleo exportado pelo país (RAMALHO, 2022); encontra-se em implantação no porto o maior parque termelétrico da América Latina, que contará com duas termelétricas totalizando 3 GW de capacidade (PRUMO LOGÍSTICA, 2021); além de projetos associados à produção de energia a partir de fontes solar e eólica em diferentes estágios de desenvolvimento (BEZUTTI, 2021).

Estima-se que já foram investidos no empreendimento cerca de R$ 18 bilhões, com uma carteira de investimento para os próximos anos de cerca de R$ 20 bilhões (FÓRUM ALERJ, 2021), números bastante expressivos e que ilustram o capital exposto ao risco das mudanças climáticas no empreendimento. Apesar de jovem quando comparado aos portos organizados (públicos) no Brasil, e de ainda se encontrar em um estágio inicial de desenvolvimento na área disponível, o Porto do Açu já assume uma posição de relevância sob o ponto de vista econômico e social para o Brasil.

Esses fatores, associados ao entendimento dos efeitos adversos das mudanças climáticas em projetos de infraestrutura e à visão de posicionar o empreendimento como um porto resiliente a essas mudanças (PORTO DO AÇU, 2021), desencadearam, entre outras iniciativas, na realização do estudo cuja abordagem será apresentada nas próximas páginas.

3. METODOLOGIA

O trabalho realizado pelo Porto do Açu teve como objetivo a avaliação dos efeitos das mudanças climáticas na área do porto com relação à sua infraestrutura e principais operações. Dessa forma, a Administração do Porto torna-se capaz de antecipar vulnerabilidades futuras e os investimentos necessários à manutenção da resiliência do Porto, bem como de reduzir os riscos e incertezas aos demais atores interessados no desenvolvimento do empreendimento, tais como os seus clientes, investidores, agentes de financiamento, seguradoras etc.

A equipe formada para o estudo foi composta de representantes de diferentes Terminais em operação no Porto do Açu, além de especialistas em sustentabilidade, meio ambiente e operações portuárias da Administração do Porto e de uma gama de consultores especialistas em diferentes disciplinas relacionadas à atividade portuária e a mudanças climáticas. Como forma de trazer mais independência a o debate, participaram também do projeto representantes de uma das empresas acionistas do Porto do Açu com especialização em projetos de consultoria portuária.

A Figura 2 apresenta um esquema da abordagem definida para o estudo realizado no Porto do Açu:

Figura 2: Escopo do estudo realizado no Porto do Açu.



Fonte: Autores, com base em Deltares (2021a).

No estudo, os parâmetros meteoceanográficos considerados foram (i) nível do mar, (ii) regime de ventos, (iii) altura de ondas e (iv) regimes de precipitação, projetados para um período de 100 anos. As projeções de mudanças nos parâmetros combinadas com o inventário de infraestrutura e de operações críticas do Porto foram realizadas em função de modelos e referências internacionais, bem como da base de dados (histórico) mantida pela Administração do Porto, possibilitando a avaliação de vulnerabilidade e riscos no curto (ano 2040), médio (ano 2070) e longo (ano 2100) prazos.

A partir do resultado dessa avaliação, aqueles ativos de infraestrutura e/ou operações críticas identificados como potencialmente afetados no horizonte de tempo analisado tornar-se-iam objeto de estudos específicos, mais aprofundados, visando à definição de ações a serem tomadas pela Administração do Porto.

Como apresentado na Figura 2, de forma a cobrir todo o escopo, o estudo foi estruturado em três fases distintas e sequenciais, sendo as duas primeiras obrigatórias, necessárias ao entendimento da situação futura, e a terceira com a realização dependendo dos resultados encontrados. A Fase 3 consiste na elaboração dos planos de adaptações e no plano de ação das recomendações que aparecem ao longo do processo da fase 2, e pode ser trabalhada visando à melhoria contínua na operação. O detalhamento da abordagem em cada etapa é apresentado a seguir.

3.1. Fase 1: Condições atuais e projeções de cenários climáticos futuros

A Fase 1 foi composta de duas partes: (i) a caracterização das condições climáticas atuais e (ii) a projeção de cenários futuros. Para a caracterização das condições climáticas atuais, ou seja, dos regimes médios e extremos relacionados à altura do nível do mar, ondas, ventos e chuvas atualmente encontrados na área do Porto, foram utilizadas informações baseadas na observação de padrões e tendências por períodos longos disponíveis em fontes públicas, referências e bases de dados disponíveis, bem como medições realizadas pela própria Administração do Porto.

Na caracterização dos regimes atuais de ventos, ondas e chuvas, merece destaque a utilização da base de dados ERA5, sendo este o mais recente conjunto de dados de

reanálise elaborado pela European Centre for Medium-range Weather Forecast (ECMWF). O conjunto de dados ERA5 combina uma grande quantidade de observações históricas (desde 1979) em estimativas globais utilizando sistemas de modelagem e assimilação de dados (ECMWF, 2022).

Para que seja possível a realização de projeções de mudanças climáticas na área do Porto, faz-se necessária a utilização de uma referência sobre como o clima pode se comportar ao longo dos anos, em função da escala de atividades humanas. Para isso, o trabalho utilizou como referência o relatório mais recente (à época do estudo) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) denominado AR5 (2014). Nesse sentido, com relação à evolução da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, os horizontes temporais considerados nas avaliações se estendem até 2100, com cenários avaliados para a região do Porto em três diferentes escalas temporais: 2040, 2070 e 2100. Dois cenários de emissões também consideraram as Rotas de Concentração Representativas (RCP) 4,5 e 8,5 (intermediário e pior- cenários de mudança climática, conforme definido no IPCC AR5):

- **RCP 4.5** - Cenário de emissões médias: Cenários de Mudança Climática Intermediários. Este cenário representa um pequeno esforço para reduzir as emissões futuras. As emissões continuam a aumentar, mas menos rapidamente. Estratégias e políticas de redução foram implementadas, mas não em larga escala.

- **RCP 8.5** - Cenário de altas emissões: piores cenários de mudança climática. Este cenário representa uma abordagem “business as usual” para a gestão de emissões sem mudanças feitas. As emissões sob este futuro previsto continuam a aumentar sem nenhuma política climática internacional ou apoio demonstrado. Não haverá mudanças comportamentais ou políticas feitas para reduzir as emissões e nenhuma adoção de soluções de baixo carbono.

Além dos dados, modelos e referenciais bibliográficos utilizados na caracterização do cenário atual na área do porto e para a realização de projeções, o trabalho contou com a avaliação de um conjunto de especialistas em mudanças climáticas que compuseram a equipe de trabalho.

3.2. Fase 2: Análise de vulnerabilidade em função dos cenários futuros

Na Fase 2 do estudo, os resultados obtidos na etapa anterior foram avaliados por um grupo de especialistas, de forma a permitir a identificação dos efeitos dessas mudanças na infraestrutura e nas operações críticas do Porto.

Nessa fase, os seguintes aspectos do Porto do Açu foram considerados:

- Atracação / desatracação de navios e operações de carga / descarga;
- Estabilidade e manutenção de quebra-mares, cais e berços;
- Sedimentação e volumes de dragagem;
- Impactos esperados em decorrência das chuvas.

Para possibilitar a análise, foi organizado um extenso inventário contendo informações, desenhos, planos e detalhamento de projetos, memoriais descritivos e relatórios técnicos e operacionais, estudos técnicos, mapas, imagens aéreas etc. relacionados aos ativos de infraestrutura e operações consideradas críticas. Para tal, a participação de profissionais dos Terminais e da Administração Portuária foi de fundamental importância para a coleta e organização das informações necessárias.

Além dos resultados oriundos da Fase 1 e do inventário, referências técnicas também foram incorporadas à análise tais como as recomendações da Associação Mundial de Infraestrutura de Transporte Aquaviário (PIANC) onde aplicável.

3.3. Fase 3: Análise detalhada de cada infraestrutura e/ou operação vulnerável

Em função dos resultados obtidos na Fase 2 do estudo, ou seja, com a identificação de ativos de infraestrutura e/ou operações críticas em maior risco às mudanças climáticas projetadas para a área do Porto, a Fase 3 é definida especificamente para analisar, em profundidade, cada um dos itens identificados. Como resultado, essa Fase gera um Plano de Adaptação Climática contendo as ações e investimentos necessários à manutenção da resiliência climática do porto.

Por essa característica, a Fase 3 foi planejada como uma etapa não-obrigatória, que seria realizada em função da existência de ao menos um ativo de infraestrutura ou operação identificada como vulnerável e em risco face às mudanças projetadas. Porém, como comentado anteriormente, a implementação das recomendações feitas ao longo da Fase 2 também compõem atividades da Fase 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 a seguir apresenta os resultados obtidos na Fase 1 do estudo. Os resultados dos efeitos das mudanças climáticas foram calculados a partir da caracterização dos parâmetros (nível do mar, vento, ondas e precipitação) médios e extremos para o ano de 2020.

Com relação ao nível do mar, supõe-se que os níveis máximos/extremos nas condições existentes (2020) estejam na ordem de 2,2 m acima do Datum. Até 2100, as projeções medianas de mudança do nível do mar são +0.48 me +0,78 m, considerando RCP4.5 e RCP8.5, respectivamente. As projeções climáticas indicam que a velocidade média do vento aumente cerca de 10% até ao final do século. As referências atualmente disponíveis e consultadas no estudo indicam não haver efeito significativo das mudanças climáticas no regime de velocidades máximas do vento (percentil 99) na região do Porto do Açu no século XXI.

Quanto ao regime de ondas, de acordo com publicações recentes, as mudanças projetadas na média sazonal de alturas significativas[1] na região do Porto do Açu são marginais (até ±3%), e ainda menores quando considerado o valor médio de Hs ao longo de todo o ano. As mudanças projetadas no período médio das ondas (~-1%) e na direção média das ondas (~1°) são marginais nas regiões ao largo do Porto e, portanto, são consideradas insignificantes na prática. Aplica-se às condições mais energéticas (Hs99, altura de onda significativa excedida em 1% do tempo) e condições extremas (Hs com período de retorno de 100 anos).

Para os regimes de precipitação, projeta-se que as alterações na média anual sejam limitadas, na ordem dos -5% até o final do século. No entanto, projeta-se que os eventos de chuvas fortes se tornem mais intensos, com aumento da ordem de 2,5% e 20% até o final do século em relação às

1 Altura de onda significativa (Hs) é definida como a altura média de onda, do vale à crista, do terço mais alto das ondas.

condições de 2020, considerando RCP4.5 e RCP8.5 respectivamente. Vale ressaltar que os intervalos de confiança particularmente amplos (ou seja, grandes bandas de incerteza) aplicam-se tanto às projeções de precipitação média anual quanto de precipitação intensa.

Tabela 1 - Efeitos das mudanças climáticas projetados para o Porto do Açu.

Parâmetro	Efeitos das mudanças climáticas em relação às condições de 2020					
	Regime médio			Regime extremo		
	2040	2070	2100	2040	2070	2100
Nível do mar	RCP4.5: +0,09 m RCP8.5: +0,11m	RCP4.5: +0,6 m RCP8.5: +0,38 m	RCP4.5: +0,48 m RCP8.5: +0,78 m	Assumido menor do que as variações em 2100 e, portanto, insignificante		Variações insignificantes no clima HAT e tempestades
Ventos*	+1% (velocidade média anual)	+4% (velocidade média anual)	+10% (velocidade média anual). A direção média gira <5 graus de NE para NNE	Assumido menor do que as variações em 2100 e, portanto, insignificante		Variações < ±2% na velocidade do vento 99º percentil (RCP8.5)
Ondas	Assumido menor do que as variações em 2100 e, portanto, insignificante		Alteração insignificante na média anual Hs (+3% no inverno, -3% no verão). Mudanças em Tm de -1%, e Θm de ±1° (RCP4.5 & RCP8.5)	Assumido menor do que as variações em 2100 e, portanto, insignificante		+2% (99º percentil H_s) ±2% (100-ano H_s) (RCP4.5 & RCP8.5)
Precipitação	Alteração insignificante (RCP4.5 & RCP8.5)	-2,5% de variação na precipitação média anual (RCP4.5 & RCP8.5)	-5% variação na precipitação média anual (RCP4.5 & RCP8.5)	Alterações insignificantes (RCP4.5 & RCP8.5)	Máx. anual precipitação de 1 dia: RCP4.5: 2.5% RCP8.5: +7.5%	Máx. anual precipitação de 1 dia: RCP4.5: +2.5% RCP8.5: +20%

Fonte: Autores, com base em Deltares (2021a).

De forma geral, a partir dos resultados obtidos pela Fase 1, pode-se afirmar que o Porto do Açu está localizado em uma área favorável com relação aos efeitos causados pelas mudanças climáticas, uma vez que mudanças projetadas para a área do porto são menores que as médias globais (Deltares, 2021b).

Na Fase 2 do presente estudo, os cenários de mudanças climáticas resultados da Fase 1 foram confrontadas com informações detalhadas sobre a infraestrutura e operações consideradas críticas no Porto. Essa avaliação foi realizada por especialistas em diferentes disciplinas, e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 2 abaixo.

Ressalta-se que a classificação de perigos, vulnerabilidade e riscos em categorias, considerando as diferentes forçantes ambientais e componentes portuários, é inevitavelmente subjetiva. Portanto, as informações apresentadas na Tabela 2 sumarizam de forma generalista as análises mais detalhadas apresentadas em Deltares (2021b).

Tabela 2 - Resultados da Fase 2.

Aspectos relacionados às mudanças climáticas		Curto prazo (década)						Longo prazo (2070+)					
		Perigo	Vunerabilidade	Nível do mar	Ventos	Ondas	Precipitação	Perigo	Vunerabilidade	Nível do mar	Ventos	Ondas	Precipitação
Trabalhabilidade e tempo de inatividade	Reduzir borda livre (inundações, fatores relacionados ao cais)	o	**					*	**				
	Forças e movimentos induzidos por ondas em navios	*	***					**	***				
	Forças e movimentos induzidos pelo vento em navios	*	o					**	*				
	Manuseio de carga (sensível ao vento)	*	***					**	***				
	Manobrabilidade	*	***					**	***				
Estabilidade das principais estruturas portuárias	Estabilidade hidráulica do enrocamento	o	**					*	**				
	Estabilidade hidráulica/geotécnica dos quebra-mares caixões	o	**					*	**				
	Galgamento de ondas dos quebra-mares em talude e caixões	o	**					*	**				
	Forças das ondas (slamming) atuando no convés do cais	o	***					*	***				
	Estabilidade hidráulica/geotécnica das paredes de cais	o	**					*	**				
Sedimentação portuária e volumes de dragagem	Condições locais para sedimentação.	o	**					*	**				
	Transporte regional para o porto	*	*					**	*				
	Abastecimento fluvial de sedimentos finos	**	*					**	*				
	Sedimentação relacionada à praia	o	**					*	**				
Impactos esperados de eventos de chuva	Operações de (des)carga (carga geral, minério de ferro)	**	***					***	***				
	Drenagem em terminais com escoamento contaminado	**	***					***	***				
	Drenagem em outros terminais	**	*					***	*				

Legenda:

Força e/ou Incerteza	o	Menos
	*	↓
	**	
	***	Mais

Riscos em potencial	Benéfico
	Neutro
	Acompanhamento de perto
	Ações possivelmente necessárias

Não Aplicável	

Fonte: Autores, com base em Deltares (2021b).

De modo geral, os resultados obtidos apontam para a inexistência de ações mitigadoras por parte da Administração Portuária no curto prazo, uma vez que para nenhum dos aspectos avaliados foram identificadas ações a serem tomadas de imediato. As projeções atualmente disponíveis indicam efeitos relativamente leves das mudanças climáticas para os parâmetros analisados também para o médio prazo (2070), limitando as consequências para as operações e infraestrutura existentes. O ponto de atenção no curto prazo deve-se ao sistema de drenagem em determinados locais do Porto que, de acordo com o estudo, pode demandar ações.

Portos importantes no contexto internacional como os de Roterdã, na Holanda, Long-Beach; San Francisco e Houston, nos Estados Unidos, e Londres, na Inglaterra, por exemplo, têm estudado, na última década, os impactos que as mudanças climáticas podem causar tanto em suas áreas portuárias como em diferentes escalas de tempo e cenários. E, em alguns casos, já desenvolvem planos de ação para se proteger dos impactos do fenômeno. Nesse sentido, PIANC (2020) abordou diferentes estudos de caso e fica evidente que cada porto precisa adaptar-se às suas condições ambientais locais, localização geográfica e de acordo com as características de suas estruturas. Por exemplo, o Porto de Londres (UK) apontou no seu relatório de adaptação em 2011 a importância do monitoramento das mudanças climáticas, como altura das marés e neblina, além de levantamentos batimétricos e registro de vazão do rio. Esse monitoramento é considerado de grande importância, resultado esse obtido também nas recomendações para o Porto do Açu.

Como o Porto do Açu é um porto relativamente novo, os projetos das estruturas costeiras e portuárias que compõem já contemplam variações relacionadas às mudanças climáticas e à gestão portuária, seguindo padrões internacionais de controle e desempenho, que são aspectos decisivos na avaliação da necessidade de adoção de medidas de adaptação. Por outro lado, alguns portos mais antigos, como por exemplo o Porto de Roterdã, reavaliações dos projetos das estruturas portuárias têm sido feitas para serem mais resilientes às mudanças climáticas, especialmente relacionada com a segurança contra inundações (PIANC, 2020). Para lidar com essas incertezas do clima, o desenvolvimento do conhecimento é considerado um importante pilar da estratégia portuária.

Quanto aos efeitos esperados no longo prazo, considerando o horizonte a partir de 2070, a análise aponta para a possibilidade de ações com relação a diversos aspectos. Entretanto, o aumento da faixa de incertezas nas projeções realizadas para horizontes de tempo mais longos embute igualmente incertezas nos resultados e potenciais riscos às operações e infraestrutura, havendo uma tendência de interpretação mais conservadora por parte de especialistas ao apontar que ações podem ser necessárias. Essa dinâmica ilustra a importância à gestão portuária da incorporação desse tipo de avaliação de riscos de forma periódica, com novas avaliações ao longo das décadas considerando desenvolvimentos portuários futuros, séries de dados medidos mais extensas, e projeções climáticas atualizadas, mais detalhadas e precisas.

Em função dos resultados obtidos na Fase 2 do Porto do Açu, onde não foram identificadas vulnerabilidades ou riscos em decorrência das mudanças climáticas projetadas para a área do Porto no curto e médio prazo, a Fase 3, como originalmente programada, tornou-se parcialmente dispensável. Entretanto, como ao longo do estudo diversas sugestões foram registradas pela equipe envolvida no trabalho, muitas delas de cunho administrativo, a Administração Portuária optou por remodelar a Fase 3 de forma a incorporar essas sugestões à gestão portuária.

Entre as recomendações elencadas ao longo do projeto e consideradas pela Administração Portuária para desdobramento em ações a serem realizadas nos próximos anos, merecem destaque (SOSSAI, 2022):

- Manter, incorporando melhorias, o sistema de coleta e armazenamento de dados meteoceanográficos do Porto;
- Implementar monitoramento adicional para entender a dinâmica dos sedimentos finos que provocam assoreamento de áreas no interior e arredores da área portuária;
- Avaliar a influência do rio Paraíba do Sul na região do Porto com relação à sua contribuição para o fenômeno de sedimentação e risco de inundações nos acessos terrestres ao Porto;
- Aprimorar o Plano de Monitoramento de eventos climáticos extremos;
- Incorporar os resultados da Fase 1 (projeção de mudanças climáticas) nos critérios de engenharia para novos empreendimentos no Porto; e
- Atualizar as projeções e avaliações de vulnerabilidade a cada ciclo de 10 - 20 anos de forma a acompanhar as mudanças nas tendências e desenvolvimentos em termos climáticos.

5. CONCLUSÕES

Em linhas gerais, a identificação de mudanças nos parâmetros médios e extremos de ondas, ventos, nível do mar e precipitação para o Porto do Açu apresentaram resultados considerados relativamente baixos. Entretanto, é importante destacar que o exercício de projeção de condições futuras embute uma série de incertezas, especialmente para períodos de tempo mais longos (i.e., décadas).

Dessa forma, é fundamental que a Administração do Porto incorpore à sua gestão não somente as vulnerabilidades e riscos identificadas inicialmente para o empreendimento, mas também as incertezas nas estimativas dos perigos, vulnerabilidade e análises de riscos (como feito no Porto do Açu durante a Fase 2 do estudo).

Do mesmo modo, riscos advindos de mudanças climáticas podem ser representativos não apenas na área do Porto em si (infraestrutura e operações consideradas críticas), mas também na sua hinterlândia. Por este motivo, é igualmente importante que a gestão portuária amplie o seu horizonte de análise para ativos que não se encontram sob sua gestão direta, tais como acessos rodoviários e ferroviários, que uma vez degradados pelas mudanças climáticas colocam em risco o acesso de pessoas e cargas ao porto.

O desenvolvimento e a manutenção de um sistema de monitoramento meteoceanográfico na área do porto, capaz de medir, processar, armazenar e apresentar em tempo real, com confiabilidade, os parâmetros altura de onda, nível do mar, correntes, ventos, índice pluviométrico etc. mostra-se tão relevante para o suporte às atividades do dia a dia atuais no porto, como também para o melhor entendimento das mudanças ao longo do tempo. Assim, tais sistemas devem ser implementados visando tanto ao suporte à operação, como também à acumulação de uma base de dados de importância estratégica para estudos climáticos, entre diversos outros relacionados tais como a construção de modelos hidrossedimentológicos para canais de acesso.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às empresas Prumo Logística S.A., Porto do Açu Operações S.A. e Deltares pelo acesso aos estudos realizados para o Porto do Açu e autorização para utilização das informações, de forma a contribuir com o debate que tanta relevância traz ao setor portuário brasileiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ (2022). Estatístico Aquaviário. ANTAQ, v. 2.4.1. Disponível em: <http://anuario.antaq.gov.br/ea/index.html>. Acesso em: 8 mar. 2022.

ANTAQ; GIZ (2021). Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros: Sumário executivo. 30 p. Disponível em: <https://www.gov.br/antaq/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antaq-1/SumarioANTAQ_PT_Final.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2022.

ARAÚJO, F.; SILVA, L. G. C. H. da; RUGGERI, F. (2021). Metodologia de identificação e gerenciamento de riscos em projetos de dragagem portuária: um estudo de caso em um porto brasileiro. In: PRÊMIO ANTAQ 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/357131021_Metodologia_de_identificacao_e_gerenciamento_de_riscos_em_projetos_de_dragagem_portuaria_um_estudo_de_caso_em_um_porto_brasileiro>. Acesso em: 9 mar. 2022.

BEZUTTI, N. (2021). Porto do Açu se estrutura para ser “verde” com plantas de hidrogênio, solar e eólica offshore. Revista MegaWhat. Disponível em: <https://megawhat.energy/news/143776/porto-do-acu-se-estrutura-para-ser-verde-com-plantas-de-hidrogenio-solar-e-eolica-offshore>. Acesso em: 9 mar. 2022.

BROOKS, M.R.; FAUST, P. (2018). 50 Years of Review of Maritime Transport, 1968-2018: Reflecting on the Past, Exploring the Future. UNCTAD. Disponível em <https://trid.trb.org/view/1571401>

Deltares (2021a). Climate change effects and their impacts to port operations: Phase 2, Porto do Açu, Brazil. Delft: Deltares, v. 0.1, 70 p.

Deltares (2021b). Climate change effects and their impacts to port operations: Phase 1, Porto do Açu, Brazil. Delft: Deltares, v. 2.0, 58 p.

ECMWF (2022). Datasets: ERA5. Disponível em: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>. Acesso em: 9 mar. 2022.

FÓRUM ALERJ (2021). Porto do Açu pode transformar o Rio numa das maiores plataformas logísticas do país. Youtube. Disponível em: <https://youtu.be/KNWuJRG8OMY>. Acesso em: 8 mar. 2022.

IZAGUIRRE, C., LOSADA, I.J., CAMUS, P., VIGH, J. L., STENEK, V. (2021). Climate change risk to global port operations. Nature Climate Change 11 (1), 14–20. Disponível em <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00937-z>.

LIMA, F. A. V.; SOUZA, D. C. (2022). Climate change, seaports, and coastal management in Brazil: An overview of the policy framework. Regional Studies in Marine Science 52, 102365.

PIANC (2020). Climate change adaptation planning and inland waterways. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. EnviCom WG Report n° 178.

PORTO DO AÇU (2020). Fazendo negócios com o Porto do Açu. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/sobre-o-porto/porto-do-acu/>. Acesso em: 9 mar. 2022.

PORTO DO AÇU (2021). Relatório de Sustentabilidade - Porto do Açu Operações - 2020. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/sustentabilidade/>. Acesso em: 9 mar. 2022.

PORTO DO AÇU (2022). Histórico. Porto do Açu. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/sobre-o-porto/historico/>. Acesso em: 8 mar. 2022.

PRUMO LOGÍSTICA (2021). Relatório da Administração. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro: Parte V - Publicações a Pedido, Rio de Janeiro, ano XLVII, n. 063, p. 44-53. Disponível em: http://www.ioerj.com.br/portal/modules/conteudoonline/mostra_edicao.php?k=C54F1FB4-378P5-491A-ABA8-5A34AA2B0649>. Acesso em: 08 mar. 2022.

RAMALHO, A. (2022). Prumo passa a ter 100% da Açu Petróleo. Valor Econômico (ed. online). Disponível em: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/01/20/prumo-passa-a-ter-100-da-acu-petroleo.ghtml>. Acesso em: 9 mar. 2022.

SOSSAI, F. G. G. (2022). Climate Change Adaptation Report: Synthesis report and key findings.



CLIMATE RESILIENCE IN PORTS: CASE STUDY OF THE PORT OF AÇU

Luiz Gustavo Cruz Henriques da Silva
Port of Açu Operations

Juliane Castro Carneiro
Port of Açu Operations

João Paulo Hinke Dobrochinski
Deltares

Fernanda Gabriela Gobbo Sossai
Port of Açu Operations

Alexander Kataoka Ishikawa
Port of Açu Operations

Tomaz Bretano
Port of Açu Operations

Porto do Açu - São João da Barra/RJ
Photograph: Prumo Logística, Ministry of Industry, Foreign Trade and Services, 2017

RESUMO

Os efeitos das mudanças climáticas constituem-se em um dos maiores desafios da atualidade. Em função da sua localização, os portos encontram-se no rol dos ativos de infraestrutura mais suscetíveis aos efeitos adversos de tais mudanças. Nesse contexto, é fundamental que a Administração Portuária compreenda as vulnerabilidades e riscos aos quais estão expostos a infraestrutura e as operações críticas do porto. O trabalho descreve a abordagem adotada pelo Porto do Açu, complexo porto-indústria privado localizado no estado do Rio de Janeiro. O trabalho foi estruturado em três etapas: 1) identificação dos regimes meteoceanográficos médio e extremos, atualmente presentes no porto; 2) projeção de cenários futuros em decorrência das mudanças climáticas e, por fim, 3) avaliação dos potenciais riscos e impactos de tais mudanças na infraestrutura e operações consideradas críticas do porto que, como desdobramento, poderia demandar a elaboração de planos de adaptação para aspectos identificados como vulneráveis. Como resultados, pode-se verificar que o Porto do Açu se encontra em uma área favorável com relação aos efeitos de mudanças climáticas, não sendo identificadas vulnerabilidades no curto prazo. Porém, é de grande importância que a Administração Portuária incorpore à sua gestão o exercício de discutir os tipos de vulnerabilidades e riscos aos quais o empreendimento está suscetível. Estas práticas incluem o desenvolvimento e manutenção de um sistema de monitoramento meteoceanográfico capaz de dar suporte às atividades diárias operacionais, e de estudos estratégicos como modelagens hidrossedimentológicos para canais de navegação.

Palavras-chave: Portos, Mudança climática, Riscos.

ABSTRACT

The effects of climate change constitute one of the greatest current challenges. Due to their location, ports are among the infrastructure assets most susceptible to the adverse effects of such changes. In this context, it is essential that the Port Administration understands the vulnerabilities and risks to which the infrastructure and critical operations of the port are exposed. This paper presents the approach adopted by Port of Açu, a private port-industry complex located in the northern region of the state of Rio de Janeiro. The work was structured in three stages: 1) identification of the medium and extreme meteoceanographic regimes currently present in the port; 2) projection of future scenarios because of climate change and, finally, 3) evaluation of potential risks and impacts of such changes in infrastructure and operations considered critical of the port which, as a result, could require the preparation of adaptation plans for aspects identified as vulnerable. As a result, Port of Açu is in a favorable area in relation to the effects of climate change, with no short-term vulnerabilities being identified. However, it is of great importance that the Port Administration incorporate into its management the exercise of discussing the types of vulnerabilities and risks the enterprise is susceptible to. Such practices include the development and maintenance of a meteoceanographic monitoring system capable of supporting daily operational activities, in addition to of strategic studies such as hydrosedimentological modeling for navigation channels.

Keywords: Ports, Climate change, Risks.

1. INTRODUCTION

One of the most complex challenges in today´s world, the effects of climate change – like storms and storm tides, changing wind systems, rising sea levels and bigger waves – are directly affecting the port sector. Due to their typically coastal locations, as also occurs with most ports in Brazil, there can be little doubt that ports are on the list of infrastructure assets that are the most vulnerable to the adverse effects of climate change (ANTAQ and GIZ, 2021).

Due to the possible consequences on this sector, the issue of climate change has gradually been moving to the fore on global seaport agendas. The issue of climate change currently rates as one of the top three priorities to be addressed by port authorities and port systems (ESPO, 2019; WPSR, 2020; LIMA and SOUZA, 2022).

Ports are complex infrastructure assets whose construction, operation, maintenance, and development absorb huge amounts of resources and funding. In this context, risk analysis and management processes allow knowledge to be stored and shared, with uniform understanding and awareness of the possible impacts of port management (ARAÚJO; et al., 2021). The starting point is an understanding of the way in which climate changes forecast for the port region may affect its infrastructure as well as its operations rated as critical. Identifying weak points allows specific action plans to be drawn up that in turn attempt to mitigate new risks caused by climate change, ensuring the manageability of reactions to these new situations.

LIMA and SOUZA (2022) stress that there is a lengthy list of possible impacts for seaports and the shipping industry related to offshore hazards and extreme meteorological events. They include heavier rainfall that delays loading and offloading operations at ports. More severe and more frequent storms may halt operations in port channels, with higher risks to shipping and wharf operations, jeopardising both offshore and onshore safety and security (BROOKS and FAUST, 2018; IZAGUIRRE et al., 2021)

This paper presents the approach adopted by the Port of Açu, in Northern Rio de Janeiro State, for identifying risks to its infrastructure and operations deriving from climate changes forecast for the port area. To do so, a three-stage approach was adopted to: (i) draw up climate change scenarios for the port area; (ii) identify risks to port infrastructure and regular operations resulting from these forecasts; and then, based on the findings: (iii) draw up climate adaptation plans addressing any weak points that might be identified.

Before explaining the method adopted by the Port of Açu, a brief outline of the context of this enterprise is needed, which is presented below.

2. THE PORT OF AÇU

As shown in Figure 1, the Port of Açu is an industrial and port complex in the São João da Barra municipality in Northern Rio de Janeiro State. With a total area of 90 km² open for development, construction on this port began in 2007, when work began on the Terminal 1 bridge; commercial operations began in 2014 when 80,000 tons of iron ore were loaded on to the Key Light carrier (PORT OF AÇU, 2022).

Looking at its infrastructure per se, this port is divided into two major groups of terminals, called Terminal 1 (T1) and Terminal 2 (T2). On the Northern side, T1 is a terminal built on a bridge, protected by a concrete caisson breakwater, which houses the iron ore and oil terminals. The T1 access channel is dredged to a depth of 25.0 metres in its deepest section. In contrast, T2 is an excavated onshore terminal accessed through a shipping channel dredged to a depth of 14.5 metres, which is 300 metres wide at its widest point. Following the natural coastline, T2 is protected by concrete caisson breakwaters, which include a turning basin dredged to a depth of 14.5 metres. The port access channel continues landward, dredged to 14.5 metres along its deepest segment (East-West), with a depth of 10.0 metres along its shallowest final section (North-South).

The only privately-operated industry-port complex in Brazil (PORT OF AÇU, 2020), the Port of Açu currently has ten Private Use Terminals (TUPs) in operation that together handled a throughflow of around 55.8 million tons of cargo in 2021. This consisted mainly of bulk shipments of iron ore, oil, and other cargos related to the oil and gas industry (ANTAQ, 2022).

Figure 1: Location of the Port of Açu.



Source: Dobrochinski and Weiland (2021).

In addition to engaging in regular port activities, the Port of Açu has established its position as an enterprise that is strategic for Brazil´s oil, gas and energy sectors. At the moment, around 30% of Brazil´s oil exports are shipped out through this port (RAMALHO, 2022); the largest thermopower complex in Latin America is currently being implemented, with two thermopower plants with a total capacity of 3 GW (PRUMO LOGÍSTICA, 2021); other projects are related to producing energy from wind and solar sources, at different development stages (BEZUTTI, 2021).

Estimates put investments in this enterprise at around BRL 18 billion (about USD 3.6 billion), with an investment portfolio of around BRL 20 billion (around USD 4 billion) over the next few years, (FÓRUM ALERJ, 2021). These impressive figures illustrate the amount of capital exposed to climate change risks in this enterprise. Although new, compared to other organised (public) ports in Brazil, and still during its initial development stage within the available area, the Port of Açu has already established its status as a buttress of the nation´s economic and social progress.

Associated with an understanding of the adverse effects of climate change on infrastructure projects, and the intention of positioning this enterprise as a port resilient to these changes (PORT OF AÇU, 2021), these factors led to a study being conducted (among other initiatives), whose approach is presented in the following pages.

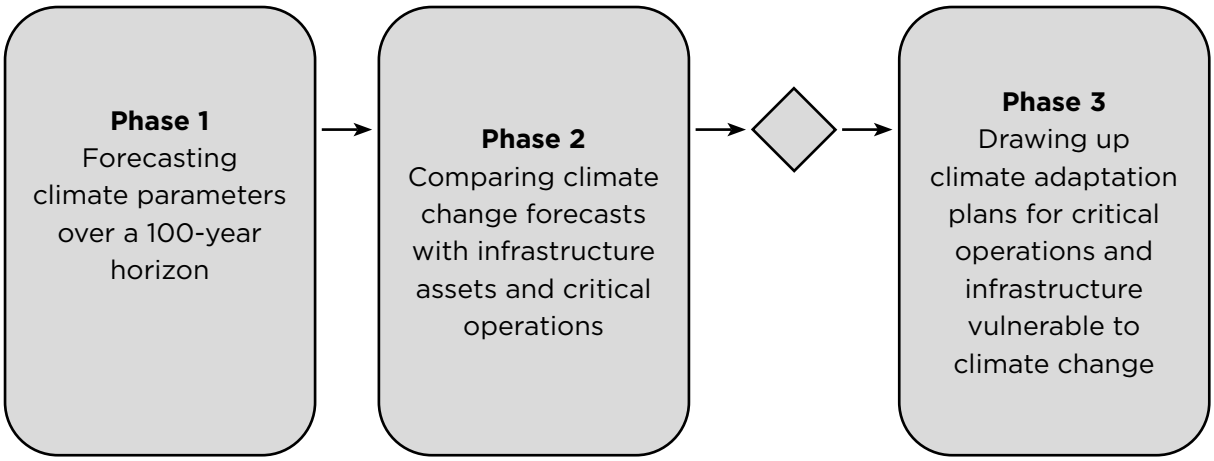
3. METHODOLOGY

The purpose of the research project conducted at the Port of Açu was to assess the effects of climate change on the port area, in terms of its infrastructure and main operations. This would endow the Port Administration with the ability to anticipate future weak points and the investments needed to uphold the resilience of this Port, while also lessening risks and uncertainties for other players holding stakes in the development of this enterprise, including its clients, investors, financing agents, insurers, etc.

The team set up to conduct this study consisted of representatives of various Terminals operating at the Port of Açu, as well as specialists in sustainability, the environment and port operations from the Port Administration, together with a range of consultants specialising in different fields related to port activities and climate change. As a way of adding Independence to these discussions, representatives of one of the corporate shareholders of the Port of Açu were also involved, endowed with specialized expertise in port consulting projects.

Figure 2 presents a flowsheet demonstrating the approach defined for this study in the Port of Açu:

Figure 2: Scope of the study conducted in the Port of Açu.



Source: Authors, based on Deltares (2021a).

In this study, the meteorological and oceanographic parameters taken into consideration were (i) sea levels; (ii) wind regimes; (iii) wave heights; and (iv) rainfall regimes, forecast for a 100-year period. The forecasts of changes in the parameters, together with the infrastructure inventory and critical operations at this Port were drawn up through models based on international references, as well as the historical datasets kept by the Port Administration. This allowed assessment of weak points and risks over the short (2040), medium (2070) and long (2100) terms.

Based on the findings of this assessment, critical operations and/or infrastructure assets identified as potentially affected within the analysed timeline were then addressed by specific studies in greater depth, in order to define the actions to be taken by the Port Administration.

As shown in Figure 2, in order to cover the entire scope of this study, it was split into three separate and sequential Phases. The first two are mandatory, required to understand the future situation, while the implementation of the third will be dependent on the findings. Phase 3 consists of drawing up adaptation plans, with the action plan including recommendations that appeared during Phase 2. This may be worked on in order to ensure ongoing enhancement of operations. Detailed descriptions of this approach are presented below for each Phase.

3.1. Phase 1: Current conditions and forecasts of future climate scenarios

Phase 1 consisted of two parts: (i) characterising current climate conditions; and (ii) forecasting future scenarios. In order to characterise current climate conditions, meaning mean and extreme regimes related to wave heights and sea levels, windspeeds and rainfall currently found in the Port area. Information was used that was based on observations of standards and trends over lengthy periods available from public sources, references and databases, as well as measurements taken by the Port Administration.

When characterising the current windspeed, wave height and rainfall regimes, use of the ERA5 database is noteworthy. This is the most recent dataset available for reanalysis gathered together by the European Centre for Medium-range Weather Forecast (ECMWF). The

ERA5 dataset brings together a massive amount of historical observations (dating back to 1979) in global estimates using data assimilation and modelling systems (ECMWF, 2022).

In order to prepare climate change forecasts for the Port area, a benchmark was needed on how the climate might behave over the years, taking the scale of human activities into account. To do so, this paper used the most recent Report (at the time of this study) issued by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) entitled AR5 (2014), as a benchmark. Consequently, looking at the progression of greenhouse gas concentrations in the atmosphere, the timelines used in the assessments extended as far as 2100, with scenarios assessed for the Port regions at three different points in time: 2040, 2070 and 2100. Two emission scenarios also took into account Representative Concentration Pathways (RCPs) 4.5 and 8.5 (midpoint and worst case) climate change scenarios, as defined in IPCC AR5:

- **RCP 4.5** - Moderate emissions scenario: Midpoint Climate Change Scenarios. This scenario demonstrates a minor effort to lower future emissions, which continue to increase, but more slowly. Reduction strategies and policies are implemented, but not on a large scale.
- **RCP 8.5 –** High emissions scenario: the worst-case climate change scenario. This scenario represents the 'business as usual' approach to emission management, with no changes. Emissions in this forecast future continue to rise, with no demonstrated international support or climate policy. There are no behavioural or political changes introduced to lower emissions, and no low-carbon solutions are adopted.

In addition to the data, the models and the references used to characterise the current context in the Port area and to prepare the forecasts, this paper was supported by assessments from a group of climate change specialists that constituted the work team.

3.2. Phase 2: Analysis of weak points in future scenarios

In Phase 2 of the studies, the findings from the previous stage were assessed by a group of specialists, in order to identify the effects of these changes on the Port infrastructure and critical operations.

During this Phase, the following aspects of the Port of Açu were taken into consideration:

- Mooring / casting off vessels and loading / offloading operations;
- Stability and maintenance of breakwaters, wharfs and berths;
- Sedimentation and dredging volumes;
- Expected impacts of rainfall.

In order to conduct the analysis, a large inventory was prepared, with information, drawings, plans and detailed project designs, descriptive memoranda, technical and operating reports, technical studies, maps, aerial photographs, etc. all related to infrastructure assets and operations rated as critical. To do so, input from professionals working at the terminals and the Port Administration was of the utmost importance for collecting and organising the necessary information.

In addition to the findings that resulted from Phase 1 and the inventory, technical references were also included in the analysis, including recommendations from the World Association for Waterborne Transport Infrastructure (PIANC), where applicable.

3.3. Phase 3: Detailed analysis of each vulnerable infrastructure item and/or operation

Based on the findings from Phase 2 of the study, having identified infrastructure assets and/or critical operations at higher risk from the climate changes forecast for the Port area, Phase 3 is specifically designed to conduct in-depth analysis of each identified item. The outcome of this Phase is the generation of a Climate Adaptation Plan listing the actions and investments needed to uphold the climate resilience of the Port.

Due to this characteristic, Phase 3 was planned as a non-mandatory stage, which could be undertaken on confirmation of at least one infrastructure asset or at-risk operation vulnerable to the forecast climate changes. However, as mentioned above, the implementation of the recommendations prepared during Phase 2 also steer the activities in Phase 3.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Table 1 below presents the results obtained in Phase 1 of the study. The outcomes of the effects of climate change were calculated through the characterisation of the mean and extreme parameters (sea level, windspeed, wave height and rainfall) for 2020.

Looking at sea level, it is assumed that the current maximum/extreme conditions in place in 2020 were around 2.2 metres above the Datum. For 2100, the mean forecasts of changes in sea level are +0.48 metres and +0.78 metres, under RCP4.5 and RCP8.5, respectively. The climate forecasts indicate that the mean windspeed will increase by around 10% by the end of the century. The references that are currently available and explored during this study indicate that there will be no significant effect of climate change on maximum windspeeds (99 percentile) in the Port of Açu region during the XXI century.

Looking at wave height as addressed in recent publications, the forecast changes in the seasonal mean for significant heights[1] in the Port of Açu region are marginal (up to ±3%), and even lower looking at the mean Hs value is throughout the year. The forecast changes during the mean wave period (~-1%) and mean wave Direction (~1°) are marginal in areas around the Port and are thus rated as insignificant in practice. The highest energy (Hs99, significant wave height exceeded 1% of the time) are applied, with extreme conditions (100-year Hs).

Forecast alterations in the mean average rainfall are limited, at around -5% through to the end of the century. However, it is forecast that heavy rain events will become more intense, increasing between around 2.5% and 20% by the end of the century, compared to the conditions in place during 2020, for RCP4.5 and RCP8.5 respectively. It is worth stressing that particularly broad confidence intervals (meaning wide bands of uncertainty) are applicable to the mean annual rainfall forecasts, as well as heavy rain.

1 Significant wave height (Hs) is defined as the mean wave height from trough to crest of the highest third of the waves.

Table 1 – Effects of climate change forecast for the Port of Açu.

Parameter	Effects of climate change compared to conditions in 2020					
	Mean Regime			Extreme Regime		
	2040	2070	2100	2040	2070	2100
Sea level	RCP4.5: +0.09 m RCP8.5: +0.11m	RCP4.5: +0.6 m RCP8.5: +0.38 m	RCP4.5: +0.48 m RCP8.5: +0.78 m	Assumed to be less than the variations in 2100 and thus insignificant		Insignificant variations in HAT climate and storms
Windspeed*	+1% (annual mean speed)	+4% (annual mean speed)	+10% (annual mean speed). The mean direction swings from <5 degrees NE to NNE	Assumed to be less than the variations in 2100 and thus insignificant		Variations of < ±2% in wind speed 99th percentile (RCP8.5)
Wave height	Assumed to be less than the variations in 2100 and thus insignificant		Insignificant alteration in the annual mean Hs (+3% in winter, -3% in summer). Changes in Tm of -1%, and Θm of ±1° (RCP4.5 & RCP8.5)	Assumed to be less than the variations in 2100 and thus insignificant		+2% (99th percentile Hs) ±2% (100-year Hs) (RCP4.5 & RCP8.5)
Rainfall	Insignificant alteration (RCP4.5 & RCP8.5)	-2.5% variation in mean annual rainfall (RCP4.5 & RCP8.5)	-5% variation in mean annual rainfall (RCP4.5 & RCP8.5)	Insignificant alterations (RCP4.5 & RCP8.5)	Max. annual one-day rainfall: RCP4.5: 2.5% RCP8.5: +7.5%	Max. annual one-day rainfall: RCP4.5: +2.5% RCP8.5: +20%

Source: Authors, based on Deltares (2021a).

In general, based on findings obtained through Phase 1, it may be stated that the Port of Açu is located in a favourable area in terms of the effects of climate change, as changes forecast for the Port area are less than the global means (Deltares, 2021b).

During Phase 2 of this study, the climate change scenarios resulting from Phase 1 were compared with detailed information on the infrastructure and operations rated as critical at the Port. This assessment was conducted by specialists in different fields, with the findings presented in Table 2 below.

It is stressed that the classification of hazards, weak points and risks into categories, based on different environmental drivers and port components is inevitably subjective. Consequently, the information presented in Table 2 generally summarizes the more detailed analysis presented in Deltares (2021b).

Table 2 – Findings of Phase 2.

Aspects related to climate change		Short term (decade)						Long term (2070+)					
		Danger	Vulnerability	Sea level	Winds	Waves	Rainfall	Danger	Vulnerability	Sea level	Winds	Waves	Rainfall
Workability and downtime	Less free board (floods, factors related to the wharf)	o	**					*	**				
	Forces and movements induced by waves on vessels	*	***					**	***				
	Forces and movements induced by wind on vessels	*	o					**	*				
	Cargo handling (wind sensitive)	*	***					**	***				
	Manoeuvrability	*	***					**	***				
Stability of the main port structures	Hydraulic stability of the rockfill	o	**					*	**				
	Hydraulic/geotechnical stability of the breakwater caissons	o	**					*	**				
	Waves overtopping breakwaters with slopes and caissons	o	**					*	**				
	Waves breaking on the wharf deck	o	***					*	***				
	Hydraulic/geotechnical stability of the wharf walls	o	**					*	**				
Port sedimentation and dredging volumes	Local conditions for sedimentation.	o	**					*	**				
	Regional transport to the port	*	*					**	*				
	River-borne inflows of fine sediments	**	*					**	*				
	Beach-related sedimentation	o	**					*	**				
Expected impacts of rain events	Loading / offloading operations (general cargos, iron ore)	**	***					***	***				
	Drainage at terminals with contaminated outflows	**	***					***	***				
	Drainage at other terminals	**	*					***	*				

Key:

Strength and/or uncertainty	o	Less
	*	↓
	**	
	***	More

Potential risks	Beneficial
	Neutral
	Close oversight
	Actions possibly necessary
Not applicable	

Source: Authors, based on Deltares (2021b).

In general, the findings indicate that no mitigating actions will be required of the Port Administration over the short term, because no actions were identified that should be taken for any of the aspects under assessment. The forecasts currently available indicate relatively mild effects of climate change for the analysed parameters over the medium term (2070) as well, with minor consequences on the existing infrastructure and operations. In the short term, the points for attention should be the drainage system at certain places in the Port, which might require action, according to the study.

Over the past decade, major international ports like Rotterdam in the Netherlands, Long Beach, San Francisco and Houston in the USA, and London in the UK, have studied the possible impacts of climate change in their port areas, as well as over different timescales and in differing scenarios. In some cases, action plans have already been drawn up to provide protection against the impacts of this phenomenon.

Along these lines, PIANC (2020) addressed several case studies, clearly showing that each port must adapt to its own local environmental conditions, geographical location and the characteristics of its structures. For example, the adaptation report (2011) on the Port of London (UK) underscored the importance of monitoring aspects of climate change, such as tide heights and fog, in addition to bathymetric surveys and river flow records. This monitoring is rated as extremely important, with this conclusion also reached in the recommendations for the Port of Açu.

As the Port of Açu is a relatively new enterprise, the designs for its port and coastal structures already make provision for variations related to climate change and port management, compliant with international control and performance standards, which are decisive aspects for assessing the need to adopt adaptation measures. On the other hand, port structure project design reassessments have been conducted for some of the older ports, like the Port of Rotterdam, in order to make them more resilient to climate change, particularly in terms of flood resistance (PIANC, 2020). In order to deal with these climate uncertainties, the development of expertise is rated as a major port strategy pillar.

Looking at the expected effects over the long term, considered as the outlook from 2070 onwards, the analysis indicates the possibility of actions related to several aspects. However, the expansion of the range of uncertainties in the forecast drawn up for longer timeframes also embodies just as many uncertainties in the findings and potential risks to operations and infrastructures, with a trend towards more conservative interpretation among specialists when indicating what actions may be necessary. This dynamic shows port management how important it is to incorporate this type of regular risk assessment, with new evaluations during the decades, taking future port development into account, as well as longer measured datasets and updated climate forecasts that are more detailed and accurate.

Based on the results obtained in Phase 2 at the Port of Açu, where no weak points or risks were identified resulting from forecast climate changes for the Port of Açu area over the short and medium terms, Phase 3, becomes partially unnecessary, as originally planned. However, as several suggestions were recorded by the working group in the course of the study, several of them administrative in nature, the Port Administration decided to remodel Phase 3 in order to include these suggestions on port management.

Among the recommendations listed during the project and taken into consideration by the Port Administration that will be transformed into actions during the next few years, the following are particularly noteworthy (SOSSAI, 2022):

- Continue the meteorological and oceanographic data collection and storage system at the Port with upgrades;
- Implement additional monitoring activities to understand the dynamics of fine sediments that silt up areas within and around the Port area;
- Assess the influence of the Paraíba do Sul river in the Port region in terms of its contribution to the sedimentation phenomenon and flooding risks along onshore access routes leading to the Port;
- Upgrade the extreme climate events Monitoring Plan;
- Include the findings of Phase 1 (climate change forecast) in the engineering criteria for new enterprises at the Port; and
- Update weak point forecasts and assessments for each 10 – 20 year cycle, in order to keep pace with changes in trends and developments, in climate-related terms.

5. CONCLUSIONS

In general lines, identifying changes in the mean and extreme parameters for wave heights, windspeeds, sea level and rainfall for the Port of Açu resulted in findings that were rated as relatively low. However, it is important to stress that the exercise of forecasting future conditions encompasses many uncertainties, particularly over longer time frames (i.e., decades).

It is thus crucial for the Port Administration to include in its management activities not only the weak points and risks initially identified for the enterprise, but also uncertainties in the estimates of the hazards, weak points and risk analysis (as conducted in the Port of Açu during Phase 2 of the study).

Similarly, risks arising from climate change may be representative not only for the Port Area (infrastructure and operations rated as critical), but also for its hinterland. This is why it is just as important for the Port Administration to extend the analysis time frame for assets that are not under its direct management, such as road and rail access routes, which would hamper access to the Port by people and cargos, if degraded.

The development and maintenance of a meteorological and oceanographic monitoring system in the Port area that could measure, process, store and present trustworthy parameters in real time for wave heights, sea levels, currents, windspeeds, rainfall indexes, etc. would be important for buttressing daily activities currently underway at the Port, as well as leading to a better understanding of changes over time. Consequently, these systems should be implemented in order to support its operations, as well as for building up a database of strategic importance for climate studies, among several other related aspects, such as the construction of hydro-sedimentological models for the access channels.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

The authors offer their thanks to the Prumo Logística S.A., Porto do Açu Operações S.A., and Deltares companies for access to studies conducted for the Port of Açu and authorisation to use this information, in order to contribute to a discussion that enhances the relevance of Brazil´s port sector.

7. REFERENCES

ANTAQ (2022). Estatístico Aquaviário. ANTAQ, v. 2.4.1. Available at: <http://anuario.antaq.gov.br/ea/index.html>. Accessed on: March 8, 2022.

ANTAQ; GIZ (2021). Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros: Sumário executivo. 30 p. Available at: <https://www.gov.br/antaq/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antaq-1/SumarioANTAQ_PT_Final.pdf>. Accessed on: March 9, 2022.

ARAÚJO, F.; SILVA, L. G. C. H. da; RUGGERI, F. (2021). Metodologia de identificação e gerenciamento de riscos em projetos de dragagem portuária: um estudo de caso em um porto brasileiro. In: PRÊMIO ANTAQ 2021. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/357131021_Metodologia_de_identificacao_e_gerenciamento_de_riscos_em_projetos_de_dragagem_portuaria_um_estudo_de_caso_em_um_porto_brasileiro>. Accessed on: March 9, 2022.

BEZUTTI, N. (2021). Porto do Açu se estrutura para ser “verde” com plantas de hidrogênio, solar e eólica offshore. Revista MegaWhat. Available at: <https://megawhat.energy/news/143776/porto-do-acu-se-estrutura-para-ser-verde-com-plantas-de-hidrogenio-solar-e-eolica-offshore>. Accessed on: March 9, 2022.

BROOKS, M.R.; FAUST, P. (2018). 50 Years of Review of Maritime Transport, 1968-2018: Reflecting on the Past, Exploring the Future. UNCTAD. Available at <https://trid.trb.org/view/1571401>

Deltares (2021a). Climate change effects and their impacts to port operations: Phase 2, Porto do Açu, Brazil. Delft: Deltares, v. 0.1, 70 p.

Deltares (2021b). Climate change effects and their impacts to port operations: Phase 1, Porto do Açu, Brazil. Delft: Deltares, v. 2.0, 58 p.

ECMWF (2022). Datasets: ERA5. Available at: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>. Accessed on: March 9, 2022.

FÓRUM ALERJ (2021). Porto do Açu pode transformar o Rio numa das maiores plataformas logísticas do país. Youtube. Available at: <https://youtu.be/KNWuJRG8OMY>. Accessed on: March 8, 2022.

IZAGUIRRE, C., LOSADA, I.J., CAMUS, P., VIGH, J. L., STENEK, V. (2021). Climate change risk to global port operations. Nature Climate Change 11 (1), 14–20. Available at <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00937-z>.

LIMA, F. A. V.; SOUZA, D. C. (2022). Climate change, seaports, and coastal management in Brazil: An overview of the policy framework. Regional Studies in Marine Science 52, 102365.

PIANC (2020). Climate change adaptation planning and inland waterways. The World Association for Waterborne Transport Infrastructure. EnviCom WG Report n° 178.

PORTO DO AÇU (2020). Fazendo negócios com o Porto do Açu. Available at: <https://portodoacu.com.br/sobre-o-porto/porto-do-acu/>. Accessed on: March 9, 2022.

PORTO DO AÇU (2021). Relatório de Sustentabilidade - Porto do Açu Operações - 2020. Available at: <https://portodoacu.com.br/sustentabilidade/>. Accessed on: March 9, 2022.

PORTO DO AÇU (2022). Histórico. Porto do Açu. Available at: <https://portodoacu.com.br/sobre-o-porto/historico/>. Accessed on: March 8, 2022.

PRUMO LOGÍSTICA (2021). Relatório da Administração. Diário Oficial do Estado do Rio de Janeiro: Parte V - Publicações a Pedido, Rio de Janeiro, ano XLVII, n. 063, p. 44-53. Available at: http://www.ioerj.com.br/portal/modules/conteudoonline/mostra_edicao.php?k=C54F1FB4-378P5-491A-ABA8-5A34AA2B0649>. Accessed on: 0March 8, 2022.

RAMALHO, A. (2022). Prumo passa a ter 100% da Açu Petróleo. Valor Econômico (ed. online). Available at: https://valor.globo.com/empresas/noticia/2022/01/20/prumo-passa-a-ter-100-da-acu-petroleo.ghtml>. Accessed on: March 9, 2022.

SOSSAI, F. G. G. (2022). Climate Change Adaptation Report: Synthesis report and key findings.



APLICAÇÃO DA LEI 12.996/2014: ASPECTOS CONTROVERTIDOS NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS NO BRASIL

Alexandre Ortigao Sampaio Buarque Schiller
FGV/Rio

Felipe Freire da Costa
ANTT

RESUMO

Este artigo aborda o panorama legal e regulatório do setor de transporte rodoviário interestadual de passageiros no Brasil no ano de 2022, oito anos depois de o legislador abolir as regras que exigiam a licitação para a prestação dos serviços e estabelecer a autorização como novo modelo de outorga, apresentando as controvérsias suscitadas aos tribunais e o seu impacto para a implementação do novo marco regulatório. Para esse fim, o trabalho apresenta, de um lado, o resultado de uma pesquisa que buscou identificar as ações judiciais propostas com o objetivo de questionar a outorga de autorizações nos moldes da Lei no 12.996/2014 e o posicionamento dos tribunais e, de outro lado, uma crítica aos desafios impostos pelos atores institucionais, em especial Judiciário, Congresso e Tribunal de Contas da União, em razão da imposição de barreiras à entrada mediante limitações jurídicas e regulatórias ao ingresso de novos prestadores de serviço e à implantação da livre concorrência no setor.

Palavras-chave: transporte rodoviário, autorização, regulação

ABSTRACT

This article addresses the legal and regulatory landscape of the long-distance coach industry in Brazil in the year 2022, eight years after the Congress abolished the rules that required the bidding process for the provision of services and established authorization as the legal standard for service provision. It also addresses the controversies that were raised to the courts and their impact on the implementation of the new regulatory model. With said purpose, this work presents the result of an empirical research of lawsuits filed aiming at challenging the regulatory model provided by Statute 12.996 from 2014, as well as a critical analysis to the challenges that have been imposed by the Brazilian public institutions, namely the Courts, Congress, and the General Accounting Office, due to artificial barriers set by legal standards and legal decisions against the entrance of new service providers, blocking the implementation of the free competition in the sector.

Keywords: road transport, authorization, regulation

1. INTRODUÇÃO

Os serviços de transporte rodoviário de passageiros, em nível interestadual, no Brasil, atendem a uma parcela expressiva do mercado de transporte de passageiros, sendo relevantes para assegurar a mobilidade de aproximadamente 80 milhões de passageiros por ano, segundo dados da Confederação Nacional dos Transportes de 2019, movimentando em torno de quatro bilhões de reais por ano em valores absolutos (CNT, 2019).

Até menos de uma década atrás, a disciplina legal exigia que houvesse a licitação desses serviços, o que, por uma diversidade de fatores, jamais ocorreu em escala nacional, sendo que a grande maioria das rotas era delegada por meio de autorizações especiais, através de instrumentos precários, definidos de forma discricionária e em benefício de uma parcela restrita de operadores.

Em 2014 o legislador alterou o instrumento de outorga, que passou da "permissão" para a "autorização" e, de lá para cá, foram feitas diversas alterações nas regras setoriais para disciplinar não apenas o novo modelo de outorga dos serviços, como também a forma como o serviço deve ser prestado e fiscalizado pela agência reguladora.

Foi estabelecido, no primeiro momento, um regime de transição de cinco anos, que deveria ter culminado, até 2019, na redução das barreiras à entrada e no ingresso de novos *players* no mercado, com a ampliação da concorrência e, com ela, da quantidade de prestadores e da qualidade dos serviços. Contudo, passados oito anos, muito embora parte das regras tenha sido sucessivamente alterada, ainda não foi alcançado o desenho regulatório almejado, isto é, a ampla abertura de mercado, mediante a edição de criação de regras que permitam acesso aos mercados de forma homogênea e democrática entre os diversos prestadores de serviço.

Isso se deu muito mais por fatores institucionais do que estruturais ou mercadológicos, em razão de decisões tomadas em diversas esferas do Poder Público, notadamente Congresso Nacional, Tribunal de Contas da União (TCU) e Judiciário, além da própria agência reguladora setorial.

À luz desse cenário, o objetivo deste trabalho é de analisar a conjuntura legal e regulatória que se desenhou oito anos depois da modificação da lei para prever a autorização como instrumento de outorga, acompanhada de críticas e ponderações à atuação dos atores institucionais e de propostas para que seja preservado o espírito que deveria nortear a abertura dos mercados para a prestação dos serviços de transporte rodoviário interestadual, buscando o aumento da oferta e da qualidade dos serviços para os usuários desse modo de transporte em todo o país.

Para esse fim, o presente trabalho divide-se em dois itens. O primeiro apresenta o panorama do setor e a conjuntura legal e regulatória atual, até alcançar os pontos controvertidos perante o Judiciário, a ANTT, o TCU e o Congresso. O segundo item apresenta os resultados de levantamento empírico realizado para identificar as ações judiciais voltadas a suspender e afastar as disposições legais e normativas associadas ao instrumento de autorização, discorrendo sobre a principal delas, associada à exigência de comprovação da viabilidade técnica, operacional e econômica por parte dos operadores e da ANTT, para a outorga dos serviços. Por fim, ao final são apresentas as conclusões à vista da pesquisa desenvolvida, especialmente no sentido da relevância e necessidade da deferência que vem sendo mantida às atividades da agência reguladora setorial como condição para garantir a implementação e ampliação da concorrência à luz do novo modelo regulatório estabelecido pelo legislador em 2014.

2. UM EXAME EM RETROSPECTIVA DO SETOR DE TRANSPORTE DE PASSAGEIROS

O setor de transporte de passageiros é, em teoria, um mercado que permite alta competitividade, em razão das poucas barreiras econômicas ao ingresso de novos prestadores de serviço e que, ao menos no papel, possibilita a exploração do serviço em regime de ampla competição. Presentes as condições materiais exigidas – disponibilização de veículo, existência de rotas de interesse e demanda recorrente por transporte por potenciais usuários – possibilita-se perfectibilizar a prestação do serviço e a concorrência por usuários, com disputas que passam por melhor preço à qualidade dos serviços.

É claro que, na prática, o desenho é mais complexo. Além dos ganhos de escala na prestação de serviço, que ampliam a tendência à concentração de mercado, há preocupações e exigências de segurança, regularidade, continuidade e qualidade que são impostas pela sociedade e podem servir de pretexto à imposição de barreiras ao ingresso de novos operadores, em muitos casos assegurando a exclusividade para a prestação do serviço. Essa foi a realidade do Brasil por muitos anos, a ponto de existirem poucas dezenas de empresas autorizadas a operar no mercado regular em todo o país, muito a despeito de existirem milhares de rotas e milhões de usuários anualmente.

Um estudo realizado por Francisco Giusepe Donato Martins, Carlos Henrique Rocha e Ana Paula Borba Gonçalves Barros, apontou uma elevada concentração da indústria a partir da identificação de diversas empresas integrantes dos mesmos grupos econômicos. Segundo os autores, a formação de grupos societários indica que as empresas adotam estratégias para expandir sua atuação no mercado, mas escondem a concentração real e falseiam a competição. O estudo identificou que quatro empresas detiveram pelo menos 75% do faturamento total no período de 1998 a 2001, e que essas empresas integravam grupos econômicos com elevado domínio de mercado. Um total de 46 empresas mantinha vínculos societários, resultando em 17 grupos econômicos formados por 22% do total de transportadoras identificadas no Anuário Estatístico de 2002 (MARTINS, ROCHA, BARROS, 2004).

Esse desenho não era uma exclusividade do Brasil. Em diferentes países do mundo o setor de transporte rodoviário de passageiros sempre foi dominado por poucos prestadores de serviço em razão da forte regulação e da imposição de barreiras à entrada, seja para proteger outros modos de transporte, seja para propositalmente restringir a competitividade, seja também por omissões e mesmo captura dos administradores públicos. Países como Alemanha, França, Inglaterra e Itália, por uma série de razões associadas à regulação da prestação dos serviços, até poucos anos atrás possuíam mercados extremamente fechados e dominados por poucos prestadores de serviço (SCHILLER, 2019).

Visando a diminuir a concentração de mercado e ampliar a ofertar de serviços, esses países abriram os mercados nas últimas quatro décadas. Por “abrir o

mercado" deve-se entender a redução das barreiras regulatórias antes impostas por leis ou regulamentos, fomentando o ingresso de novos operadores em regime de livre concorrência. Esse processo culminou na ampliação da oferta de rotas, melhoria da qualidade dos serviços e na sensível redução das tarifas cobradas dos usuários. Embora parte desses países, a exemplo da Alemanha, da França e da Inglaterra, continue a experimentar concentração de mercado, com a presença de uma ou duas empresas dominantes, a tão-só possibilidade de ingresso de empresas concorrentes (concorrência potencial) pressiona por menores tarifas e melhor qualidade dos serviços, com vantagens para os usuários.

No Brasil houve um movimento similar de abertura a partir de 2014, com a edição de uma lei que previu a alteração do instrumento jurídico de delegação dos serviços – a Lei no 12.996/2014. Até aquele ano a legislação exigia a licitação dos serviços para a outorga dos mercados de longa distância, via permissão, mas ela nunca foi plenamente viabilizada, uma vez que o Ministério dos Transportes e a ANTT não concluíram os procedimentos para licitação dos mercados. Isso acabou garantindo um monopólio não declarado às poucas empresas que receberam autorizações temporárias para operar. Para compreender esse cenário, é preciso voltar alguns anos e traçar um breve histórico das sucessivas modificações legais que se sucederam no Brasil.

Ao longo das últimas cinco décadas, diversos normativos previram a obrigatoriedade de ser realizada concorrência prévia, mediante publicação de edital, para a ocupação dos mercados de transporte rodoviário interestadual de passageiros. Foi o caso dos Decretos de nos 68.961/1971, 71.984/1973, 90.958/1985 e 92.353/1986. Embora esses Decretos estabelecessem a licitação como regra para a prestação do serviço, eles abriram exceções ao autorizar a adjudicação das linhas mediante a mera assinatura de um "Termo de Obrigações", com a "outorga a título precário" e as condições da sua exploração, bem como a possibilidade de "automática" transformação da autorização em concessão "se satisfatoriamente explorada".

Já durante o advento da Constituição de 1988, o Poder Executivo editou o Decreto no 952/1993, o qual estabeleceu que os serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros seriam delegados mediante permissão, mas ressalvou que as permissões e autorizações precárias então vigentes continuariam em vigor por quinze anos. Em seguida, a Lei no 8.987/1995 autorizou a manutenção das "concessões de serviço público" e, também, das "concessões em caráter precário" outorgadas antes da sua promulgação. Três anos depois foi editado o Decreto no 2.521/1998, que fixou o "prazo máximo e improrrogável" de quinze anos, contados da publicação do Decreto no 952/1993, com término em outubro de 2008, para manutenção das autorizações precárias então existentes.

Alcançado 2008, porém, não houve licitação para delegação, via permissão, dos milhares de mercados de todo o país, mantendo-se o status quo, isto é, a garantia de monopólio não-declarado para as operadoras há muito estabelecidas. Isso foi bem enfatizado por decisões do STF que, por diversas vezes, impuseram a intimação da ANTT e do Ministério dos Transportes a realizar licitações (SCHILLER, 2019). Segundo reconhecido e afirmado pelo Supremo Tribunal Federal já em 2008, a não realização de licitação refletiu-se na criação de monopólios, garantidos pela não implementação de qualquer concorrência:

> "o quadro atual do transporte interestadual e internacional de passageiros revela gritante contraste com o que vai estabelecido no Texto Maior. Milhares de ligações rodoviárias permanecem, passados 20 anos de promulgação da Constituição Federal, em regime de virtual monopólio. A própria

> impetrante esclarece que apenas 114 empresas respondem por 88% do total de passageiros transportados por via rodoviária neste país-continente. O resultado da ausência de competição no setor reflete-se na péssima qualidade de serviço prestada aos usuários e no acrescido poder de barganha de tais empresas nas negociações para fixação do preço das passagens". (STF, 2008)

Foi diante desse quadro e da tentativa frustrada do Ministério dos Transportes e da ANTT de licitar todas as milhares de rotas espalhadas pelo país[1], que o legislador alterou a Lei no 10.233/2001 no ano de 2014, promulgando a mencionada Lei nº 12.996/2014. Essa lei estabeleceu que a outorga dos serviços regulares de transporte terrestre coletivo interestadual e internacional de passageiros desvinculados da exploração da infraestrutura deveria dar-se a partir de autorização, e não mais permissão dos serviços. Na prática isso significou afastar a necessidade de licitação, pavimentando o caminho para adoção da livre concorrência na ocupação dos mercados, na medida em que, com a autorização, a concorrência não se dá "para" a ocupação dos mercados, mas "na" sua ocupação, com livre ingresso de operadores.

Tanto é assim que o legislador estabeleceu, como regra, que não haverá limite para o número de autorizações para o serviço regular, ressalvando os casos de "inviabilidade operacional", hipóteses nas quais ficou a cargo da ANTT realizar um "processo seletivo público" para a outorga das autorizações.

No exercício da delegação normativa conferida pelo legislador, a ANTT editou a Resolução no 4.770/2015 e previu um regime de transição na tentativa de estabelecer as premissas para a outorga das autorizações, assim como para a realização de processo seletivo público nos casos de inviabilidade operacional, que ainda dependeriam de disciplina específica.

Foram editadas diversas resoluções e pareceres técnicos buscando fixar as premissas do que configuraria hipótese de inviabilidade operacional. A ANTT chegou a definir novos mercados, limitando-os por vagas, cuja ocupação inicialmente se daria através de sorteios para escolha das empresas, em uma modalidade avessa ao espírito que deve nortear a outorga de autorizações e que logo no início da sua implementação acabou fracassando (ANTT, 2016).

Após inúmeras dificuldades que conduziram não ao aumento do número de prestadores de serviço, mas à sua redução (ANTT, 2019), a Diretoria da ANTT decidiu que "todos os normativos da Agência que restrinjam, a priori, a liberdade de preços e o ambiente de livre e aberta competição estão em confronto com a legislação vigente" (ANTT, 2019). Os diretores concluíram pela necessidade de a agência adotar todas as medidas possíveis para abrir o mercado, concedendo autorização a todas as empresas que atendam aos requisitos do Título II da Resolução nº 4.770/2015, independentemente de definição prévia do conceito de inviabilidade operacional, que deveria ser examinada caso a caso.

Sucedeu dessas deliberações da ANTT, e do fim do regime de transição, um forte movimento contrário à nova disciplina legal e normativa por parcela do mercado, com a provocação e mesmo (não seria "mesma"?) atuação de entes da Administração Pública

1 Em 2009 o Ministério dos Transportes lançou o Projeto de Rede Nacional de Transporte Rodoviário de Passageiros ("ProPass Brasil"), que previa a outorga de ligações entre 2.050 municípios brasileiros, divididas em 2.109 linhas, com a utilização de 8.178 ônibus e remuneração através de tarifa, formalizada mediante contrato. O Plano culminou na edição do Edital de Licitação 01, de 29 de agosto de 2013, que acabou sendo suspenso em decorrência do deferimento de tutela antecipada recursal nos autos do Agravo de Instrumento nº 75141-06.2013.4.01.0000 (TRF1).

em diferentes esferas, em especial do Tribunal de Conta da União (TCU), do Poder Judiciário, da agência reguladora e do Poder Legislativo. Foram propostas diferentes medidas voltadas a suspender, aprimorar ou modificar o regime legal e regulatório que conduziu às decisões da Diretoria da ANTT datadas de 2019.

No âmbito do TCU, foi apresentada uma denúncia contra a própria agência reguladora, a ANTT, argumentando que haveria irregularidades no processo de abertura de mercado que colocariam em risco a integridade do processo. Houve o deferimento de uma medida cautelar para suspender a outorga de autorizações de novos mercados para transporte rodoviário de passageiros interestadual e internacional a partir da data da decisão (TCU, 2021), cujos efeitos perduravam até a data da edição deste artigo. O fundamento da cautelar foi que as irregularidades apontadas colocariam em risco a segurança dos passageiros, como resultado da incapacidade da agência de fiscalizar os serviços.

No âmbito da ANTT, foi iniciado um processo administrativo para rever o marco regulatório do transporte regular rodoviário coletivo interestadual de passageiros e propor uma nova regulação que sanasse distorções presentes na Resolução no 4.770/2015, viabilizando a melhor implementação das disposições da Lei no 10.233/2001, à luz do comando da Diretoria da ANTT de 2019. A proposta foi objeto da audiência pública no 4/2020, bem como da análise de impacto regulatório realizada no bojo do processo administrativo no 50500.099251/2020-22. Houve, porém, a reprovação da proposta de novo marco regulatório, em razão da existência de vícios no curso do processo administrativo e nas audiências públicas realizadas (ANTT, 2021).

No Congresso, deu-se prosseguimento a um projeto de lei de 2020 (PL nº 3.819/2020) que culminou na aprovação da Lei no 14.298/2022, que ampliou as barreiras legais ao ingresso de novos operadores. Entre as barreiras estão exceções que impõem a adoção de processos seletivos públicos para a outorga de autorizações. A lei estabeleceu que devem ser tratadas como exceções à regra de ampla concorrência todos os casos de inviabilidade técnica, operacional e econômica, que devem ser submetidos a um processo de seleção pública — tal processo seletivo seria ou deveria ser análogo a um procedimento de licitação. Além disso, a lei impôs a exigência de comprovação de capital social mínimo de dois milhões de reais para que as empresas possam receber autorização e operar nos mercados interestaduais.

Por fim, no âmbito do Judiciário foram propostas dezenas de ações judiciais com o objetivo de questionar a novel disciplina legal e normativa, bem como apontar a inconstitucionalidade das modificações trazidas pela Lei no 12.996/2014, sob a tese de que os serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros configurariam serviço público e, para tanto, a Constituição exigiria que tais serviços fossem obrigatoriamente submetidos à licitação. Dentro desse contexto, ganharam relevância duas ações diretas de inconstitucionalidade propostas junto ao Supremo Tribunal Federal (STF), que ainda dependem de julgamento — as ADIs 5549 e 6270, propostas respectivamente em junho de 2016 e novembro de 2019.

Como resultado da decisão cautelar do TCU, da pendência de uma solução da controvérsia quanto à constitucionalidade do regime de delegação dos serviços instituído pela Lei no 12.996/2014, e de todas essas modificações legais e normativas, até meados de 2022 os mercados de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros não apresentaram a evolução que seria esperada, especialmente à luz do paralelo com o que aconteceu nos outros países.

Segundo dados da ANTT, se os pedidos constantes da fila de análise da agência já houvessem sido analisados e deferidos,

o número de ligações outorgadas teria mais do que dobrado. O setor, que até agosto de 2021, somava 48.888 mercados autorizados, teria alcançado um total de 99.789 ligações outorgadas, o que representaria um acréscimo de 104% na rede de mobilidade interestadual. Era esperado que 468 novos municípios fossem inseridos na rede de atendimento do sistema transporte interestadual e que a rede de mobilidade interestadual passasse a atender diretamente 2.659 municípios, com um incremento de 21% sobre a rede atual. O número de operadores no setor passaria de 211 para 315 empresas, o que representaria um incremento de quase 50% no total de empresas operadoras, tudo de acordo com os dados e expectativas da agência reguladora (ANTT, 2021).

O sucesso do processo de abertura e evolução do quadro normativo e regulatório, contudo, depende do julgamento de mérito do processo que tramita no Tribunal de Contas da União e da definição das regras setoriais, além da estabilização de importantes premissas pelo Judiciário brasileiro, cujas decisões podem impactar diretamente no processo normativo e regulatório da ANTT.

3. AS QUESTÕES CONTROVERTIDAS E SEUS REFLEXOS

O setor de transporte interestadual de passageiros sempre foi marcado por intensa judicialização, com as empresas socorrendo-se do Judiciário para, dentre outras matérias, suprir a mora da Administração Pública e outorgar autorizações para operar linhas até que houvesse a licitação dos serviços. O Judiciário era muitas vezes utilizado como instrumento para ditar os termos das mudanças pretendidas e daquelas que se desejava rechaçar, a exemplo da licitação das linhas já ocupadas por prestadores de serviços que não desejavam ver as suas rotas sob um regime de competição (SCHILLER, 2019).

Tamanha foi a judicialização que foram proferidas decisões emblemáticas em um passado não muito distante, a exemplo da decisão proferida em um pedido de suspensão direcionado à Presidência do STF para sustar os efeitos das decisões judiciais que autorizavam a operação de linhas à revelia da licitação dos serviços. A Presidência do STF reconheceu que a não realização de licitações gerou um quadro de "descalabro", que acabou impondo a outorga de novas autorizações a novos operadores com apoio de liminares do Poder Judiciário em razão da omissão da Administração Pública:

"não são as decisões judiciais impugnadas que se revelam lesivas à ordem pública, mas o quadro de descalabro que se instaurou no setor em virtude da omissão da Administração Pública no cumprimento de suas obrigações constitucionais e legais. (...) não houve licitação. (....) Em verdade, pode-se afirmar que a existência dessas autorizações, diante do quadro acima descrito, atende ao interesse público, na medida em que gera opções de transporte e supre carências do sistema atual, acarretando, portanto, benefícios à população". (STF, 2010)

Não foi diferente depois da promulgação da Lei nº 12.996/2014 e, em especial,

depois que terminou o fim do regime de transição de cinco anos previsto na lei, obrigando a ANTT a interromper o controle de preço dos serviços. Como resultado da "abertura", muitas empresas ajuizaram ações judiciais para pedir a suspensão da outorga de novas autorizações e o restabelecimento do *status quo*, isto é, a garantia de monopólio ou oligopólio de rotas, vedado o livre ingresso de operadores, sob o argumento de que a ampla concorrência levaria as empresas a sucumbir.

Um levantamento realizado pe los autores mediante buscas de processos junto às seções judiciárias da Justiça Federal das cinco regiões do país identificou 62 ações judiciais propostas para questionar a constitucionalidade ou a validade das regras setoriais. Além dessas ações, a matéria foi submetida ao Supremo Tribunal Federal por meio de duas ações diretas de inconstitucionalidade, de nos 5549 e 6270, a primeira ajuizada pela Procurador-Geral da República em 2016, e a segunda pela Associação Nacional das Empresas de Transporte Rodoviário de Passageiros (ANATRIP) em 2019, ambas endereçando a obrigatoriedade de licitar os serviços de transporte interestadual e internacional de passageiros, com o consequente reconhecimento da inconstitucionalidade da outorga via autorização[2].

Do total de casos identificados no levantamento junto às Seções Judiciárias do Distrito Federal, em 35 ações os demandantes defenderam a ilegalidade da Deliberação da Diretoria da ANTT que havia decretado o fim do processo de transição e ordenado que fossem tomadas as providências para garantir a abertura de mercado. Em 24 dessas ações judiciais o objetivo da medida judicial proposta foi de afastar a outorga de autorização a uma ou mais empresas concorrentes. Em 17 casos foi apontado que haveria inviabilidade operacional ou econômica, a justificar a suspensão da outorga de autorização pelo judiciário. Em 21 ações judiciais foi suscitada a declaração de inconstitucionalidade da Lei nº 12.996/2014. Foram identificadas sete ações civis públicas propostas pelo Ministério Público Federal antes da promulgação da Lei no 12.996/2014, tendo como objetivo impor a realização de licitação dos serviços de transporte interestadual e internacional de passageiros.

A grande maioria das ações judiciais foi proposta com pedidos de liminar para suspender a outorga de autorização sob o novo regime da Lei no 12.996/2014, mas o Judiciário demonstrou deferência à ANTT na maior parte dos casos identificados, indeferindo os pedidos e mantendo os atos de outorga e as licenças operacionais questionadas nas ações judiciais. Do total de ações, 47 tinham pedidos de liminar. Em 41 casos os pedidos de liminar não foram deferidos e em apenas 6 casos a liminar foi deferida pelos juízos de primeira ou segunda instância para suspender ou limitar os efeitos dos atos da agência reguladora, vindo a ser revogadas/revistas em seguida. Apenas duas liminares estavam em vigor ao tempo que este artigo foi concluído: uma das liminares deferidas ordenou a suspensão da outorga de autorização conferida a um concorrente da parte demandante até o julgamento

2 Metodologia: foram pesquisados precedentes dos Tribunais Regionais Federais que envolvessem as palavras-chaves "transporte rodoviário", "autorização", "licitação" e/ou "12.996". Com base nos precedentes identificados, os autores buscaram nas páginas das respectivas seções judiciárias federais por ações judiciais envolvendo as mesmas partes e/ou os mesmos advogados das empresas encontradas na primeira fase da pesquisa, expandindo os resultados das buscas com base nas partes identificadas e advogados que atuam em cada uma das ações judiciais. Após obter a cópia dos processos por meio dos sistemas do PJE e EPROC, das Seções Judiciárias das 1ª à 5ª Região, foram buscadas referências feitas pelas partes dos respectivos litígios a outras decisões e ações judiciais previamente propostas, complementando a base de dados. Os resultados podem não representar a totalidade das ações judiciais propostas nas seções judiciárias de todo o país.

final do caso, enquanto no outro caso a liminar foi deferida em grau de recurso para suspender os efeitos da Deliberação no 955/2019 até a decisão final de mérito do processo. Nesse último caso, a ANTT não havia comprovado o cumprimento da liminar até a conclusão deste artigo. Ambos os casos tramitam no Tribunal Regional Federal da 1ª Região.

Por sua vez, foram poucos os casos que contaram com provimentos judiciais de mérito até maio de 2022. Em ações civis públicas propostas no Rio de Janeiro e Espírito Santo, o pedido do Ministério Público Federal foi julgado procedente para obrigar a ANTT a realizar a licitação como condição para a ocupação dos mercados, mesmo depois da edição da Lei no 12.996/2014. As decisões que ordenaram a licitação ainda dependem de confirmação ou decisão final pelo STF. A maioria dos casos está suspensa até o julgamento da matéria pelo Supremo na Ação Direta de Inconstitucionalidade nº 5549. Além disso, em quatro casos propostos por empresas do setor, foi proferida sentença de mérito para suspender a outorga de autorização para mercados previamente ocupados por prestadores de serviço, sendo que em três desses casos a decisão ainda não transitou em julgado e, no último, a decisão foi reformada em grau de recurso para manter a eficácia do ato de outorga.

Esses dados demostram que há um elevado grau de deferência do Judiciário aos atos administrativos da ANTT. Os magistrados tendem a considerar a análise técnica e preservar as outorgas e as licenças operacionais deferidas às empresas do setor com base no novo modelo regulatório que foi instituído pela Lei nº 12.996/2014 para os serviços regulares de transporte rodoviário interestadual de passageiros.

A despeito da cautela que vem sendo adotada pelos magistrados de uma maneira geral, não é possível diminuir a relevância e a importância das discussões que estão em curso perante as Cortes Federais, em especial perante o Supremo Tribunal Federal. A constitucionalidade da dispensa da licitação é matéria ainda controvertida e objeto de divergências significativas entre os tribunais federais de todo o país.

Nesse ponto, o Tribunal Regional Federal da 2ª Região, que julga as matérias federais dos estados do Rio de Janeiro e do Espírito Santo, decidiu pela inconstitucionalidade do modelo estabelecido pela Lei no 12.996/2014 em uma arguição de inconstitucionalidade suscitada em uma das ações civis públicas propostas pelo Ministério Público Federal. O órgão fracionário declarou inconstitucional a disposição do art. 13, inciso V, alínea "e", da Lei 10.233/2001, depois de entender que "o legislador infraconstitucional não pode transformar o art. 21 da CF/1988 em letra morta, e tal aconteceria se as atividades ali elencadas passassem a ser exploradas sob regime exclusivamente privado, mediante autorização, com inteira supressão do regime de direito público por meio de concessão e permissão" (TRF2, 2017).

Já o Tribunal Regional Federal da 5ª Região, que tem sob sua jurisdição os estados de Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Sergipe, ao julgar a arguição de inconstitucionalidade suscitada em outra ação proposta pelo Ministério Público Federal em Pernambuco, afastou a tese de inconstitucionalidade da mesma norma, após concluir que "além de estável, a autorização para o exercício de atividade que configura serviço público, na forma da Lei 10.233/2001, não se encontra fora dos limites constitucionais impostos à Administração Pública".

Embora a decisão proferida em sede de arguição de inconstitucionalidade seja objeto de controle difuso, isto é, ela apenas produz efeitos para a solução da ação na qual foi suscitada, uma vez declarada a inconstitucionalidade pelo órgão fracionário, a mesma solução pode ser adotada pelos magistrados de primeiro e segundo grau das seções judiciárias de

abrangência do respectivo tribunal sem a necessidade de que seja ouvido novamente o órgão fracionário. Tal previsão legal gera o risco de multiplicação de decisões que adotem, como premissa, o entendimento a que chegou o respectivo órgão fracionário, com a adoção de soluções e comandos judiciais diferentes a depender da região, contemplando o mesmo tipo de serviço, nesse caso o transporte rodoviário regular interestadual de passageiros.

Daí que se extrai a importância da matéria levada ao Supremo Tribunal Federal nas ações diretas de inconstitucionalidade de nos 5549 e 6270, que questionam a obrigatoriedade da licitação prévia como condição para a delegação e prestação dos serviços de transporte interestadual de passageiros. A decisão do STF nessas ações é necessária para trazer segurança jurídica às disposições da agência reguladora e, com isso, assegurar o fluxo de investimento para a expansão dos serviços. Afinal, pode não fazer sentido as empresas investirem uma soma de recursos significativa para desenvolver um modelo de negócios pautado em um desenho regulatório que pode ser desfeito pela decisão final da Corte Constitucional do país.

Essa, porém, não é a única discussão relevante para a definição dos contornos legais e regulatórios do serviço de transporte interestadual de passageiros. Há também discussões em curso no TCU e no próprio Congresso, onde são debatidos projetos de lei que visam a modificar e mesmo endurecer as condições para a outorga de autorizações às empresas interessadas em prestar serviço de transporte rodoviário interestadual de passageiros.

No âmbito do TCU, a discussão passa pela capacidade da agência reguladora de fiscalizar as empresas e a prestação dos serviços, o que, na visão dos julgadores daquele tribunal, também teria relevância para a definição dos instrumentos de outorga dos serviços e para autorizar o ingresso de novos prestadores de serviço, sob a premissa de que somente poderá haver o ingresso de novos operadores se a ANTT tiver capacidade de fiscalizá-los. Foi isso o que ficou decidido, em sede cautelar, quando do julgamento da denúncia formulada ao TCU em um processo que tramita em sigilo:

“17. A par dessas observações, pode-se concluir em juízo de cognição sumária que a ANTT vem pautando sua atuação recente no sentido de desregulamentar e liberalizar o serviço de transporte coletivo rodoviário interestadual, com grande possibilidade de submeter a população a prestadores de serviço de qualidade duvidosa, inclusive quanto aos requisitos de segurança para a realização do transporte. Além disso, as fragilidades no controle de emissão de novas autorizações propiciam o surgimento de verdadeiro “mercado paralelo” de venda de autorizações para exploração do serviço de transporte de passageiros.

18. Outro ponto de grande preocupação é a própria capacidade fiscalizatória da Agência reguladora. Não se sabe como a ANTT vai verificar o cumprimento das regras atuais por parte de uma extensa lista de novas empresas atuando no setor, em especial a efetiva disponibilização do serviço à sociedade, com eficiência, segurança, conforto, regularidade, pontualidade e modicidade, tal como previsto no art. 20, inciso II, ‘a’ da Lei 10.233/2001” (TCU, 2021).

Como destacado no item anterior, a decisão cautelar do Tribunal de Contas que ordenou a suspensão da outorga de novas autorizações pela ANTT produziu sensível impacto no processo de liberação das outorgas e de abertura do setor estabelecido na Lei nº 10.233/2001, interrompendo, por mais de um ano, o ingresso de novos operadores no mercado, o que invariavelmente refletiu-se nos aspectos associados à concorrência, precificação e expansão dos serviços.

Já no Congresso, há constantes debates sobre as condições para a prestação de serviços de transporte rodoviário de passageiros. Em 2022 o legislador

deu prosseguimento ao projeto de lei nº 3.089/2020, aprovado para dar nova redação a dispositivos da lei nº 10.233/2001. O artigo 47-B da Lei nº 10.233/2001 passou a prever que não haverá limite para o número de autorizações para o serviço regular de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros, salvo nos casos de inviabilidade técnica, operacional e econômica, que devem ser definidos pelo Poder Executivo.

A exigência, imposta pelo legislador, de verificação da viabilidade técnica, operacional e econômica das rotas e dos operadores anda lado a lado com a discussão sobre a capacidade de a agência reguladora realizar estudos de viabilidade econômica para cada uma das rotas de prestação de serviço de transporte rodoviário de longa distância, submetida a questionamentos no Judiciário e no TCU.

Quanto mais complexas forem as obrigações impostas ao regulador pela lei, mais complexa será a sua implementação e execução pela agência reguladora, ampliando o fardo regulatório e os custos financeiros, materiais e humanos para a sua efetivação. Esses custos estão muitas vezes associados a premissas que não têm fundamento ou base empírica concreta, como é o caso, justamente, do risco de inviabilidade técnica, operacional e econômica advindos da livre concorrência.

A primeira premissa equivocada, que por si só tornou mais complexa a regulação, ampliando os riscos de questionamentos e de discussões judiciais, está no conceito estabelecido pelo artigo 47-B de que se pode excepcionar a outorga da "autorização" para mercados que forem, hipoteticamente, insuscetíveis de concorrência. A rigor a outorga de autorização não deveria estar associada aos mercados a serem explorados, mas unicamente à capacidade do operador de prestar o serviço, independentemente das rotas almejadas. Preenchidos os requisitos, deveria ser dada a autorização para a empresa operar os serviços de transporte rodoviário interestadual, para quaisquer mercados.

A ANTT pode prever, como de fato previu na Resolução nº 4.770/2015, a possibilidade de a agência deferir licenças operacionais, que permitam a prestação dos serviços em regiões ou rotas, mas em nenhuma hipótese isso deveria confundir-se com a outorga de autorização. Afinal, a hipotética inviabilidade de um determinado *mercado* de receber a oferta de serviços de transporte sob regime de ampla concorrência não se confunde com a viabilidade dos *prestadores de serviço* para ofertar o serviço em regime de ampla concorrência. Em outras palavras, nenhuma empresa que preencha os requisitos formais e materiais para operar o serviço deveria ter sua autorização tolhida ou limitada por condições técnicas, econômicas ou operacionais associadas a uma ou mais rotas ou mercados que ela optou por explorar. A outorga de autorização nunca deveria ser limitada por condições de mercado.

A segunda premissa equivocada está associada à expectativa de haver inviabilidade econômica, técnica ou operacional da concorrência para ocupação dos mercados. Além de o legislador não definir ao que corresponderiam essas limitações, elas não encontram paralelo em um mercado sujeito à livre concorrência. O que seriam, afinal, as referidas hipóteses de inviabilidade?

Se, por inviabilidade econômica, se entender que é o risco de serem adotadas estratégias predatórias que colocariam em risco a segurança dos passageiros e gerariam concorrência ruinosa, não há elementos concretos que apontem para esse risco e, ao mesmo tempo, todo mercado estaria sujeito a esse risco. Ainda que o risco exista, ele não deve ser mitigado ex-ante, com a limitação da outorga de autorização ou de licenças operacionais, mas sim com a repressão dos atos de concorrência desleal, com base

nas leis de defesa da concorrência, que já preveem mecanismos para inibir infrações contra a ordem econômica, em ato de controle ex-post.

Marçal Justen Filho exemplificou a hipótese de "inviabilidade econômica" esclarecendo que ela ocorre quando, por exemplo, o Estado presta diretamente serviços de transporte aplicando uma tarifa inferior aos custos, operando em prejuízo, tornando impossível aos operadores privados competirem com o poder público. Nesse caso o resultado seria a inviabilidade econômica dos competidores privados, os quais não disporiam de condições para arcar com prejuízos em termos equivalentes ao que se passa com o Estado (MARÇAL, 2016). Esse não é o caso do setor de transporte rodoviário interestadual de passageiros, que nunca foi prestado diretamente pelo Estado, que tampouco deu quaisquer subsídios para garantir a prestação dos serviços.

Sob a mesma lógica, outro conceito de inviabilidade técnica e operacional seria a inclusão de limitações materiais à consecução do serviço. A Resolução da ANTT de no 4.770/2015 dispõe, no artigo 42, que "é considerada inviabilidade operacional situações que configurem concorrência ruinosa ou restrições de infraestrutura". O conceito é amplo e de difícil compreensão. A própria definição de concorrência ruinosa é complexa e não encontra apoio na economia ou no direito. Há referências à concorrência ruinosa em obra de Hely Lopes Meirelles datada de 1971, no que ele ponderou sobre a competição entre modos de transporte, concluindo que a hipótese se configuraria quando houvesse a exploração desenfreada de linhas, "com o enriquecimento de alguns permissionários e o empobrecimento de outros ou a ruína de todos eles" (MEIRELLES, 1971). Esse conceito está desatualizado diante da atual estrutura regulatória e do próprio papel das agências reguladoras que, justamente, embutem a possibilidade de intervenção pontual para corrigir as falhas de mercado e evitar a atuação predatória ou destrutiva dos agentes privados.

Geralmente o estudo de "viabilidade técnica" busca avaliar se determinado projeto é viável, considerando-se custos, riscos e as possibilidades de retorno financeiro. A ausência de viabilidade técnica ou operacional conduzirá, não ao aniquilamento dos operadores, mas à limitação do número de operadores ou à sua total ausência. Se não houver interessados em prestar o serviço e ele se mostrar absolutamente essencial aos olhos da Administração Pública, a lei previu mais de uma solução: o poder público pode licitar os serviços mediante exploração da infraestrutura, consoante artigo 13, inciso I, da Lei nº 10.233/2001, ou autorizá-lo por meio do estabelecimento de condições específicas, de forma a conferir atratividade a determinados mercados. Essa análise, porém, não deveria ser ex ante, mas ex post, o que torna a exigência de exame prévio de viabilidade econômica para cada um dos mercados medida dispendiosa e desnecessária.

A despeito das suas diferenças, o mercado de transporte aéreo é um exemplo claro de que operadores de transporte não necessariamente praticarão concorrência ruinosa em um ambiente de livre concorrência, em que não há controle de tarifas ou de rotas pela agência reguladora. Conforme apontado em recente estudo de Luis Gustavo Pinheiro Loureiro Carneiro e Paula Cristina de Oliveira Guimarães, a despeito das características inerentes ao mercado de aviação, como os altos custos fixos, baixo custo marginal e presença de barreiras à entrada, que levam à natural concentração desse mercado, ainda assim existe competição entre as empresas presentes no setor (CARNEIRO; GUIMARÃES, 2021).

No que toca ao setor de transporte rodoviário de longa distância, basta olhar outros mercados, no mundo, que passaram por modificação similar à que foi implementada no Brasil para constatar

que o modelo legalmente estabelecido hoje no Brasil permite a expansão dos serviços. Exemplos não faltam. Em 2013 a Alemanha aprovou uma modificação à "Personenbeförderungsgesetz" (Lei de Transporte de Passageiros) para prever a liberalização dos serviços. Diversos estudos recentes apontaram que houve a ampliação das rotas sujeitas à competição, com a redução dos preços e a melhoria da oferta e da qualidade dos serviços. O mesmo ocorreu na França, que modificou a sua legislação para permitir ampla concorrência na ocupação das rotas a partir de 2015.

Os trabalhos de Niklas S. Dürr e Kai Hüschelrath datado de 2015 (DÜRR e HÜSCHELRATH, 2015), a tese de Maria Cinic datada de 2018 (CINIC, 2018) e a pesquisa de Laurent Guihery de 2019 (GUIHERY, 2019) examinaram os efeitos da concorrência sobre a oferta e o preço dos serviços de transporte de longa distância, constatando que houve resultados benéficos para os consumidores. Guihery apontou a forte competição entre as duas maiores empresas de ônibus, Flixbus e BlaBlaBus, na França e na Alemanha, como um dos fatores que levou à melhoria da oferta e da qualidade dos serviços. O autor identificou que, na Alemanha, "desde a desregulamentação em 2013, o número de linhas de ônibus intermunicipais aumentou de 62 linhas no primeiro trimestre de 2013 para 328 linhas no quarto trimestre de 2015 e 287 linhas no terceiro trimestre de 2018", ressalvando que a tendência, durante a consolidação dos serviços, é que haja a redução da oferta, mas não para os mesmos patamares de antes da mudança regulatória e da abertura do setor.

O equívoco do legislador no Brasil, que conduziu à aprovação da Lei nº 3.089/2020, parece estar justamente em confundir os conceitos que regem os contratos para prestação de serviços públicos sujeitos à prévia licitação, independentemente de possuírem ou não exclusividade na prestação dos serviços, com aqueles conceitos associados aos serviços outorgados sob regime de autorização, que estão integralmente sujeitos à livre competição e não conferem amplas garantias ao prestador de serviço. Nesses casos não há desequilíbrio econômico-financeiro ou equação econômico-financeira associada ao contrato. Afinal, se não há prazo e preços determinados por contrato, não é possível falar em uma equação econômica associada à prestação dos serviços delegados.

Qual seria, afinal, o critério que definiria o ponto de equilíbrio (ou o ponto de ruptura) a partir do qual se poderia falar em inviabilidade econômica, técnica ou operacional? Seria a perda de uma determinada quantidade de passageiros para uma empresa concorrente justificativa suficiente para definir que houve inviabilidade operacional?

A premissa do modelo regulatório é que os prestadores de serviço pedem autorização para prestar os serviços e que se habilitarão a operar em determinadas rotas, sob determinadas condições gerais, cientes, desde o início, que haverá concorrência e, portanto, a potencialidade do ingresso de novos operadores nos mesmos horários ou em horários diversos daqueles por ele ofertados, competindo pelos melhores pontos de parada, melhores preços e por qualidade do serviço. No regime autorizativo, a satisfação do princípio da continuidade da prestação do serviço não reside na manutenção de um termo de autorização em específico, mas na multiplicidade deles, beneficiando os usuários com maior oferta e maior competição.

Por essa razão, é equivocada a controvérsia associada à inviabilidade econômica, técnica e operacional, estabelecida no artigo 47-B da Lei nº 10.233/2001, que norteia boa parte das discussões instauradas no Judiciário e no Tribunal de Contas da União. Os próprios mecanismos de mercado são a priori suficientes para dar os contornos da prestação do serviço,

devendo a ANTT aprimorar gradativamente os seus instrumentos de fiscalização para acompanhar a evolução dos serviços. Por sua vez, não se deve limitar a expansão dos serviços à capacidade da agência de realizar estudos econômicos e de fiscalizar a atuação dos operadores de transporte, mas, ao contrário, deve-se buscar equipar à agência na mesma medida do crescimento do mercado e da oferta dos serviços.

4. CONCLUSÕES

Como visto, depois de mais de cinco décadas de estagnação, o setor de transporte rodoviário interestadual de passageiros ganhou uma nova roupagem, no Brasil, com a aprovação da Lei no 12.996/2014, que estabeleceu as bases para a implementação de um regime de livre competição, mediante a outorga de autorização para a prestação dos serviços regulares.

O novo regime legal, que acompanha um movimento já visto em outros países que buscaram ampliar a oferta de serviços de transporte rodoviário de passageiros de longa distância, trouxe com ele diversas controvérsias, que precisam ser superadas e pacificadas para garantir o amadurecimento do setor e a expansão dos serviços dentro de um modelo de ampla competição.

Tais controvérsias afloraram com o fim do regime de transição previsto na lei e nos atos normativos da agência reguladora no ano de 2019 e, passados três anos desde então, é chegada a hora de o STF e o TCU apaziguarem as questões que dependem da sua palavra final, notadamente quanto à constitucionalidade do regime de delegação e à capacidade da ANTT para implementar e fiscalizar os serviços via autorização.

Sobre a constitucionalidade do modelo de outorga, isto é, que a União pode delegar os serviços via autorização, sem licitação, objeto das duas ações diretas de inconstitucionalidade, de nos 6270 e 5549, propostas perante o STF, trata-se de definição extremamente relevante para que se possa dar segurança jurídica e garantir o prosseguimento das reformas e dos estudos iniciados em 2014. Sem essa definição da Corte Constitucional, pairará sempre uma sombra de ilegitimidade do novel regime regulatório fundado na Lei nº 12.996/2014.

Sobre a capacidade da ANTT para implementar e fiscalizar os serviços, é imprescindível que o Tribunal de Contas conclua o processo iniciado há mais de um ano, para devolver à agência reguladora as rédeas necessárias para disciplinar a prestação dos serviços. A solução para garantir a expansão dos serviços não se dará pela limitação da outorga de autorizações e restrição do mercado, mas aparelhando a agência reguladora e conferindo a ela os instrumentos necessários para estudar, disciplinar e fiscalizar a prestação dos serviços.

No que concerne, por fim, ao âmbito legislativo, é imprescindível que o legislador confira a autonomia necessária para que o regulador possa disciplinar a prestação dos serviços de transporte sem a imposição de novas amarras legais, que, conforme a história tem demonstrado, apenas ampliam o fardo regulatório. Quanto mais exigências são impostas na lei, mais árduo será ao regulador atualizar

a disciplina normativa e acompanhar a evolução dos serviços, com reflexos na judicialização do setor e atraso na atualização das regras setoriais.

O histórico recente tem demonstrado que, apesar das sucessivas controvérsias, o judiciário tem mantido um elevado grau de deferência à agência reguladora setorial, confirmando a validade dos atos normativos associados ao novo regime legal e regulatório instituído em 2014, que foi implementado mais firmemente a partir de 2019. Afinal, na esmagadora maioria dos casos os magistrados de primeiro e segundo grau, rechaçaram os pedidos voltados a sustar as outorgas de autorização e de novos mercados, reconhecendo não apenas a validade da nova disciplinada conferida pela Lei nº 12.996/2014, como a legitimidade da ANTT e a validade dos atos emanados da agência reguladora.

Compete agora ao legislador e às instâncias decisórias mais altas do Judiciário e do Tribunal de Contas o desafio de dar a melhor interpretação às regras legais com o objetivo de assegurar a estabilização do quadro legal e normativo. Somente assegurando a ampla e plena outorga de autorizações e a ampliação da concorrência é que será possível superar as barreiras históricas existentes no setor de transporte, para garantir novos investimentos, a expansão dos serviços, beneficiando o usuário dos serviços.

5. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Deliberação no 224, Diretoria Colegiada, 17 de agosto de 2016, DOU 22 ago.2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Deliberação no 955, Diretoria Colegiada, 22 de outubro de 2019, DOU 30 out.2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Voto DDB 119 (8706488), Processo Administrativo nº 50500.099251/2020-22, pp. 702-895.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Resolução nº 4.770, de 25 de junho de 2015. Dispõe sobre a regulamentação da prestação do serviço regular de transporte rodoviário coletivo interestadual e internacional de passageiros, sob o regime de autorização.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Resolução no 5.072, de 12 de abril de 2016. "Dispõe sobre o processo seletivo público para outorga de autorização dos serviços regulares de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros, previsto no art. 41 da Resolução nº 4.770, de 25 de junho de 2015". Disponível em https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22673691/do1-2016-04-14-resolucao-n-5-072-de-12-de-abril-de-2016-22673602

BRASIL, Confederação Nacional dos Transportes – CNT, Anuário CNT do Transporte, 2019, disponível em https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/File/Rod/ROD_1_5 _3_6.xlsx. Acesso em 01/05/2022.

CARNEIRO, Luis Gustavo Pinheiro Loureiro, GUIMARÃES, Paula Cristina de Oliveira. Características do mercado de transporte aéreo público: uma visão do mercado no Brasil e comparação dos níveis de concentração com outros países, Textos para discussão/ Agência Nacional de Aviação Civil., Nº 1 (fev. 2021). Brasília, DF: ANAC, 2021. Disponível em https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/textos-para-discussao/textos/td-01-caracteristicas-do-mercado-de-transporte-aereo-publico-v201911.pdf. Acesso em 30.05.2022.

CINIC, Marie, Market liberalization of domestic long-distance bus services: evidence from deregulated EU countries and prospects for the market, Master's Degree Thesis, Università Ca' Foscari Venezia, 2017/2018.

DÜRR, Niklas; HÜSCHELRATH, Kai. (2015). Competition in the German Interurban Bus Industry: A Snapshot Two Years after Liberalization. Competition and Regulation in Network Industries. V. 16. 188-218.

GUIHERY, Laurent. (2019). Long Distance Coach Services in France and Germany: the new European competition between Flixbus and BlaBlaBus - Rivista di Economia e Politica dei Trasporti (REPoT), ed.1, 2019.

JORDÃO, Eduardo Ferreira, "Quais os limites das competências do TCU sobre as agências reguladoras?", in Direito do Estado, rev. nº 476, 2021, disponível em http://www.direitodoestado.com.br/colunistas/eduardo-ferreira-jordao/quais-os-limites-das-competencias-do-tcu-sobre-as-agencias-reguladoras, acesso em 28.05.2022.

MARÇAL, Justen Filho, Curso de Direito Administrativo [livro eletrônico], São Paulo, Revista dos Tribunais, 12ª edição, 2016, p. 303

MARTINS, Francisco Giusepe Donato; ROCHA, Carlos Henrique; BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves. Concentração na Indústria de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET, 18., 2004. Florianópolis, 2004. p.1383. Disponível em: <goo.gl/UZwS3p>. Acesso em: 31/01/2023.

MEIRELLES, Hely Lopes. Estudos e pareceres de direito público. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1971. v.4. p.185.

SCHILLER, A. O. S. B.; SAMPAIO, P. R. P. Sistema de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros no Brasil: concorrência, falhas de governo e reflexos regulatório. [S. l.: s. n.]. Disponível em:

https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db= cat08036a&AN=sbfgv.000137440&lang=pt-br&site=eds-live. Acesso em: 30 maio. 2022

STF, ADI 6482, Relator Min. Gilmar Mendes, Tribunal Pleno, julgado em 18/02/2021, Processo Eletrônico DJe 21.05.2021;

STF, MS 27.516, Relatora Min. Ellen Gracie, Tribunal Pleno, julgado em 22.10.2008, Processo Eletrônico, DJe 5.12.2008.

TCU, Processo administrativo no 033.359/2020-2, Relator Ministro Raimundo Correa, voto proferido em 04/03/2021.



APPLICATION OF LAW Nº 12,996/2014: CONTROVERSIAL ASPECTS FOR PASSENGER ROAD TRANSPORT IN BRAZIL

Alexandre Ortigao Sampaio Buarque Schiller
FGV/Rio

Felipe Freire da Costa
ANTT

RESUMO

Este artigo aborda o panorama legal e regulatório do setor de transporte rodoviário interestadual de passageiros no Brasil no ano de 2022, oito anos depois de o legislador abolir as regras que exigiam a licitação para a prestação dos serviços e estabelecer a autorização como novo modelo de outorga, apresentando as controvérsias suscitadas aos tribunais e o seu impacto para a implementação do novo marco regulatório. Para esse fim, o trabalho apresenta, de um lado, o resultado de uma pesquisa que buscou identificar as ações judiciais propostas com o objetivo de questionar a outorga de autorizações nos moldes da Lei no 12.996/2014 e o posicionamento dos tribunais e, de outro lado, uma crítica aos desafios impostos pelos atores institucionais, em especial Judiciário, Congresso e Tribunal de Contas da União, em razão da imposição de barreiras à entrada mediante limitações jurídicas e regulatórias ao ingresso de novos prestadores de serviço e à implantação da livre concorrência no setor.

Palavras-chave: transporte rodoviário, autorização, regulação

ABSTRACT

This article addresses the legal and regulatory landscape of the long-distance coach industry in Brazil in the year 2022, eight years after the Congress abolished the rules that required the bidding process for the provision of services and established authorization as the legal standard for service provision. It also addresses the controversies that were raised to the courts and their impact on the implementation of the new regulatory model. With said purpose, this work presents the result of an empirical research of lawsuits filed aiming at challenging the regulatory model provided by Statute 12.996 from 2014, as well as a critical analysis to the challenges that have been imposed by the Brazilian public institutions, namely the Courts, Congress, and the General Accounting Office, due to artificial barriers set by legal standards and legal decisions against the entrance of new service providers, blocking the implementation of the free competition in the sector.

Keywords: road transport, authorization, regulation

1. INTRODUCTION

In Brazil, interstate road transport services a significant portion of the passenger market, ensuring mobility for some eighty million people a year, according to data released by the National Confederation of Transports (CNT) in 2019, with revenues of around BRL 4 billion (about USD 800 million) year in absolute values.

Until at least a decade ago, Brazilian legislation required these services to be tendered out through competitive bidding procedures. For an assortment of reasons, this never took place at the national scale. The vast majority of these routes were handed out with uncertain documentation, defined on discretionary bases, and benefitting a limited circle of operators.

In 2014, lawmakers altered the concession system from “permit” to “authorisation”. Since then, several alterations have been made to the rules for this sector, regulating not only the new service concession model, but also the way in which the services must be rendered, together with oversight by the regulator.

Initially, a transition period of five years was established, which should have ended (by 2019) in lower barriers to entry and the arrival of new actors on the Brazilian market, ratcheting up competition, with more providers of better quality services. However, eight years later, although part of the rules had been gradually altered, the desired regulatory framework had not yet been attained, namely: broad market deregulation through promulgating a set of rules allowing access to these markets in a homogeneous and democratic manner among an assortment of service providers.

This was due far more to factors that were institutional rather than structural or market-related, due to decisions made at various tiers of Government, particularly Congress, the Federal Audit Court (TCU) and the Judiciary, in addition to the sector regulator.

In this context, the purpose of this paper is to analyse the legal and regulatory framework in place eight years after the law was changed to establish authorisation as the concession tool.It also offers critiques and comments on the performances of institutional actors and proposals for preserving the spirit that should guide market deregulation for interstate road transport services, striving to expand the supply and quality of these services to the users of this mode of transportation throughout Brazil.

For this purpose, this paper is divided into two sections. The first presents an overview of the sector and the current legal and regulatory context, extending as far as the disputed aspects being heard by the Judiciary, the Land Transport Regulator (ANTT), the TCU and Congress.

The second section presents the findings of the empirical survey conducted to identify lawsuits filed to suspend and fend off the legal and regulatory provisions associated with a concession authorisation tool. It discourses on major aspects of them, associating the requirement for presenting evidence of technical, operating and economic feasibility by the operators and the ANTT for granting service concessions.

Finally, the conclusions of this research project are presented, particularly in terms of the relevance and need for the ongoing deference for the activities of the sector regulator, as a condition for ensuring the implementation and expansion of competition under the new regulatory model established by lawmakers in 2014.

2. A RETROSPECTIVE EXAMINATION OF THE PASSENGER TRANSPORT SECTOR

Theoretically, Brazil´s passenger transport sector is a market that could be highly competitive, with few economic barriers hampering the inflow of new service providers. At least on paper, this allows the services to be rendered on highly competitive bases. With the material requirements met – vehicle availability, existence of routes of interest, and recurring demands for transport by potential users – it is quite possible to perfect the services rendered and competition for users, with disputes based on the best price for good quality services.

In practice, it is clear that the design is more complex. In addition to gains in scale on rendering these services, which step up the trend towards market concentration, there are also concerns and requirements related to safety, security, regularity, continuity, and quality. Although imposed by society, they may serve as pretexts for raising barriers blocking the arrival of new operators, and in many cases can ensure exclusivity for rendering the services. This is the reality in Brazil for many years, to the extent that there are only a few dozen bus companies authorised to operate on the regular market nationwide, although there are thousands of routes all over Brazil, and millions of users each year.

A study conducted by Francisco Giusepe Donato Martins, Carlos Henrique Rocha and Ana Paula Borba Gonçalves Barros indicated high levels of concentration in this sector, by identifying several companies that belong to the same economic groups. According to these authors, the formation of corporate groups indicates that companies are adopting strategies to expand their operations on this market, while concealing the real level of concentration and faking competition. This study found that four companies accounted for at least 75% of total revenues for the period between 1998 and 2001, with these companies belonging to economic groups endowed with ample market clout. A total of 46 companies were entwined in corporate links, resulting in seventeen economic groups formed by 22% of the total number of transport companies listed in the 2002 Statistics handbook (MARTINS, ROCHA, BARROS, 2004).

This type of design was not exclusive to Brazil. In several countries all over the world, the passenger road transport sector has always been dominated by a few service providers, due to tight regulations and barriers blocking entry. This was intended either to protect other types of transport, or deliberately curtail competition, at times due to omission, and even uptake by public administrators. These markets were tightly closed in Germany, France, Italy, and the UK, for a series of reasons associated with service regulation, dominated by a few service providers (SCHILLER, 2019).

In order to lessen market concentration and boost the supply of services, these countries have deregulated their markets during the past four decades. ”Market deregulation” is intended to mean lower regulatory barriers that were previously raised by laws or regulations, and encouraging inflows of new operators

under a free competition system. This process led to an expansion of routes, better quality services, and a significant drop in the fares charged to users. Although some of these countries, particularly Germany, France and the UK, are still subject to market concentration, with one or more dominant companies, the mere possibility of competitors looming on the horizon (potential competition) pushes fares down and better service quality, with benefits for users.

In Brazil, there was a similar trend towards deregulation from 2014 onwards, with the enactment of a law addressing an alteration to the juridical tool for delegating these services - Law Nº 12,996/2014. Until that year, Brazilian law required the services to be tended out for concession on long-distance markets through a competitive bidding procedure. However, its feasibility was never fully ensured, as the Ministry of Transport and the ANTT did not complete the competitive bidding procedure for these markets. The outcome assured an undeclared monopoly for a few companies that received temporary operating authorisations. In order to understand this context, it is necessary to go back a few years and outline a brief track record of the successive alterations to the law in Brazil.

During the past five decades, several acts have established the mandatory nature of conducting a prior call for competitive bids through publishing a tender announcement, addressing the interstate passenger road transport market. These laws included Decrees No 68,961/1971, 71,984/1973, 90,958/1985 and 92,353/1986. Although these Decrees established the call for competitive bidding procedure as a rule for rendering services, exceptions were made for authorising the award of lines through a simple signature of a Deed of Obligations, with the concession granted provisionally, and the conditions for its operation, as well as the possibility of "automatic" transformation of the authorisation into a concession "if operated in a satisfactory manner".

With the advent of Brazil´s 1988 Constitution, the Executive Branch enacted Decree Nº 952/1993, which established that international and interstate passenger road transport services would be delegated through permit. However, it noted that the temporary permits and authorisations in effect at that time would remain in place for fifteen years. Subsequently, Law Nº 8,987/1995 authorised the continuation of "public utility service concessions" and also "temporary concessions" granted prior to its promulgation. Three years later, Decree Nº 2,521/1998 was promulgated, which established a "maximum and non-extendable period" of fifteen years, as from the publication of Decree Nº 952/1993, ending in October 2008, for upholding the temporary authorisations in place at that time.

However, as 2008 passed no competitive bidding procedures were run for permits delegating thousands of markets all over Brazil, upholding the status quo, meaning ensuring the undeclared monopoly for long-established operators. This was clearly emphasised in decisions handed down by the Federal Supreme Court (STF) which several times ordered writs served on the ANTT and the Ministry of Transports to conduct competitive bidding procedures (SCHILLER, 2019). As acknowledged and affirmed by the Federal Supreme Court in 2008, the failure to conduct competitive bidding procedures was reflected in the establishment of monopolies, underpinned by the absence of any type of competition:

> "The current situation of international and interstate passenger transportation contrasts strongly with what was established in the Constitution. Thousands of road connections continue under virtual monopolies, twenty years after the Brazilian Constitution was enacted. The petitioner itself notes that only 114 companies account for 88% of the total number of passengers

carried by road on this continent-sized country. The outcome of the absence of competition in this sector is reflected in the extremely poor quality of the services rendered to users, and the rising bargaining power of these companies in discussions on setting ticket prices". (STF, 2008)

Faced by this situation and the frustrated attempt of the Ministry of Transport and the ANTT to tender out all the thousands of routes scattered all over Brazil,[1] the lawmakers altered Law Nº 10,233/2001 in 2014, promulgating the above-mentioned Law Nº 12,996/2014. This established that granting regular collective passenger international and interstate road transport services unrelated to infrastructure operations must take place through authorisations, rather than permits for these services. In practice, this meant doing away with the need for competitive bidding procedures, paving the way for the adoption of free competition on the markets as, with authorisation, competition occurred not "to" occupy the markets, but rather "in" their occupation, with operators allowed to enter freely.

This was so to the extent that lawmakers established the rule that there should be no limit on the number of authorisations for regular services, except for cases of "operating non-feasibility". In these hypotheses, the ANTT would conduct a "selective public proceeding" for granting the authorisations.

Deploying its delegatory powers under the regulations conferred by the lawmakers, the ANTT promulgated Resolution Nº 4,770/2015 and established a transition period in an attempt to establish the basic parameters for granting authorisations, as well as for conducting selective public proceedings where operating non-feasibility was confirmed, which would still depend on specific regulations.

Several resolutions and technical expert reports were published, striving to establish the assumptions that would underpin the operating non-feasibility hypothesis. The ANTT even defined new markets, with limited places, whose occupation was initially planned through random draws selecting the companies, in an approach running counter to the spirit that should guide the grant of authorisations, and which soon failed, right at the start of its implementation (ANTT, 2016).

After countless difficulties that led to a reduction in the number of service providers, rather than an increase (ANTT, 2019), the Executive Board of this regulator decided that "all the Regulator rules curtailing a priori freedom of price and free-open competition clash with the current legislation" (ANTT, 2019). The Board Members decided that the Regulator should take all possible steps to deregulate the market, granting authorisations to all companies complying with the requirements set forth in Title II of Resolution Nº 4,770/2015, regardless of the prior definition of the concept of operating non-feasibility, which should be examined on a case-by-case basis.

These decisions adopted by the ANTT and the end of the transition period were followed by an upsurge protesting against this new legal and regulatory system by part of the market. This was triggered and implemented by Civil Service departments at different levels, particularly the Federal Accounts Court (TCU), the Judiciary Branch, the ANTT, and the Legislative

1 In 2009, the Transport Ministry launched the National Passenger Road Transport Network Project ("ProPass Brasil"), addressing concessions for connections among 2,050 municipalities all over Brazil, divided into 2,109 lines services by 8,178 buses, and remunerated through fares, formally established through agreements. This Plan culminated in the release of Tender Announcement 01, on August 29, 2013, but was suspended due to the approval of temporary injunctive relief, granted in the case records of Bid of Review nº 75141-06.2013.4.01.0000 by the Federal Regional Court – I Region (TRF1).

Branch. Different steps were proposed for suspending, upgrading, or modifying the legal and regulatory structure that led to the decisions adopted by the ANTT Executive Board in 2019.

A complaint was filed against the Regulator (ANTT) with the TCU, claiming irregularities in the market deregulation process that would jeopardise its integrity. A writ of prevention was issued, suspending grants of new market authorisations for interstate and international passenger road transport, as from the date of the decision (TCU, 2021), whose effects remain in place through to the publishing date of this paper. The grants for this writ were that the purported irregularities would jeopardise passenger safety, due to the inability of the Regulator to oversee the services.

Under the aegis of the ANTT, an Administrative Proceeding was opened to review the regular interstate passenger road transportation regulatory framework, particularly for buses, with proposals for a new set of regulations that would remedy the distortions in Resolution Nº 4,770/2015. This was intended to ensure the feasibility of more effective implementation of the provisions set forth in Law Nº 10,233/2001, in light of the order handed down by the ANTT Executive Board in 2019. This proposal was discussed at Public Hearing no 4/2020, in addition to analysing the regulatory impacts resulting from Administrative Proceeding no 50500.099251/2020-22. However, the draft of the new regulatory framework was not approved, due to flaws during the Administrative Proceeding and the Public Hearings (ANTT, 2021).

In Congress, a draft bill (PL Nº 3,819/2020) was analysed, culminating in the approval of Law Nº 14.298/2022, which extended the legal barriers hampering the entry of new operators. These barriers include exceptions that require the adoption of selective public proceedings for granting authorisations. This law listed matters that should be dealt with as exceptions to the full competition rule, particularly all cases related to inadequate technical, operating and economic feasibility, which must run through a public selection proceeding, which in turn would (or should) be similar to a competitive bidding procedure. Furthermore, the law introduced a requirement of providing documentary proof of equity worth at least BRL 2 million (USD 400,000) for companies to receive authorisation to operate on interstate markets.

Finally, the Judiciary was bombarded by dozens of lawsuits questioning this new legal and regulatory system. They also urged the unconstitutional status of the modifications introduced by Law Nº 12,996/2014, alleging that international and interstate passenger road transport services would constitute a public utility service, with the Brazilian Constitution requiring the services to be necessarily granted through competitive bidding procedures. In this context, two Direct Actions of Unconstitutionality (ADIs Nº 5549 and Nº 6270) are particularly relevant, currently under examination by the Federal Supreme Court (STF), and still awaiting judgement, lodged respectively in June 2016 and November 2019.

As one of the outcomes of the TCU decision issuing the writ of prevention, no solution has yet been found to the dispute over the constitutionality of the service delegation system introduced by Law Nº 12,996/2014, and all these legal and regulatory modifications. Consequently, Brazil´s international and interstate passenger road transport services markets had not progressed as fast as might have been expected by mid-2022, particularly when compared with other countries.

According to ANTT data, if the steady stream of applications lined up for analysis at this Regulator had been examined and granted, the number of proved connections would be more than double. With 48,888 markets

authorised by August 2021, this sector would have reached a total of 99,789 granted connections, more than doubling (104%) the interstate mobility network. There were expectations that 468 new municipalities would be included in the interstate transport system service network, with the interstate mobility network providing direct services to 2,659 municipalities, 21% more than the current network. The number of operators in this sector would rise from 211 to 315 bus companies, almost 50% more than the total number of operators, all according to the data and expectations of the Regulator (ANTT, 2021).

However, successful market deregulation and steady process in the legal and regulatory framework depends on a judgement of merit in the lawsuit under examination by the Federal Audit Court, and the definition of rules for this sector. Another important step is the stabilisation of significant premises by the Brazilian Judiciary, whose decisions may have direct effects on the regulatory and legal procedures of the ANTT.

3. ISSUES IN DISPUTE AND THEIR REPERCUSSIONS

The interstate passenger transport sector has always been subject to intensive judicialisation, with companies turning to the Courts with complaints about the sluggish pace of the Civil Service, among other issues, as well as seeking authorisations to operate lines until competitive bidding procedures are organised for these services. The Courts were often used as a tool for dictating the terms of the intended changes, and others lined up for rebuttal, like competitive bidding procedures for lines already operated by service providers unwilling to see their routes opening up to competition (SCHILLER, 2019).

The scope of this judicialisation was so great that emblematic decisions were rendered in a not-so-distant past, like the decision handed down on a request for suspension addressed to the presiding Justice of the Federal Supreme Court, in order to suspend the effects and court decisions authorising the operation of lines without competitive bidding procedures for these services. Its Presiding Justice acknowledged that the absence of competitive bidding procedures gave rise to a situation of "disastrous" situation that finally led to the grant of new authorisations for new operators, supported by preliminary injunctions issued by the Courts, due to omission by the Civil Service:

> "It is not the questioned court decisions that prove to be harmful to the public order, but rather the disastrous situation that has built up in this sector, due to Civil Service delays in complying with its legal and constitutional obligations. (...) there have been no competitive bidding procedures. (....) Indeed, it may be affirmed that the existence of these authorisations, within the situation described above, supports the public interest, insofar as it gives rise to transport options that bridge gaps in the current system, thus providing benefits for the population". (STF, 2010)

Things were no different after the promulgation of Law Nº 12,996/2014 and particularly after the end of the five-year transition period established in this law, forcing the ANTT to lift control over service prices. As a result of this "deregulation" many companies filed lawsuits requesting the suspension of grants of new authorisations and re-establishing the *status quo*. This actually buttressed route monopolies or oligopolies, blocking the free inflow of operators, under the argument that broad-ranging competition would force these companies into bankruptcy.

A survey conducted by the authors through searching for lawsuits in various Federal Courts sections in all five regions of Brazil found 62 actions filed that challenged the constitutionality or validity of the rules for this sector. In addition to these lawsuits, the matter was submitted to the Federal Supreme Court through two direct actions of unconstitutionality (Nº 5549 and Nº 6270). The former was lodged by the Federal Attorney-General in 2016, and the latter by the National Association of Passenger Road Transport Companies (ANATRIP) in 2019. Both of them addressed the mandatory requirement to tender out international and interstate passenger transportation with the resulting acknowledgement of the unconstitutional status of concessions granted through authorisations.

Out of the total number of cases identified in the survey of the Court Sections in the Federal District, the claimants in 35 actions alleged that the decision adopted by the ANTT Executive Board was illegal, decreeing the end of the transition process and ordering steps to be taken to ensure market deregulation. In 24 of these lawsuits, the purpose of the court order being sought was to annul the concession authorisation granted to one or more competitor companies. Seventeen actions claimed a lack of economic or operational feasibility as justifications for Court suspension of the concession authorisation. In 21 of these lawsuits, requests were presented to declare the unconstitutional status of Law Nº 12,996/2014. Seven public civil actions were filed by the Federal Prosecutor´s Office (MPF) against the promulgation of Law Nº 12,996/2014, attempting to establish the mandatory requirement of conducting competitive bidding procedures for international and interstate passenger road transport services.

The vast majority of the lawsuits were filed with motions seeking preliminary injunctions that would suspend the concession authorisation granted under the new system introduced by Law Nº 12,996/2014. However, the Courts deferred to the ANTT in most of these cases, rejecting the requests and upholding the acts granting the concessions and operating licences challenged in the lawsuits. Out of the total number of lawsuits, forty-seven included motions seeking preliminary injunctions. In forty-one of them, these motions were dismissed, and injunctions were issued in only six cases by judges in the Lower or Upper Courts, either suspending or limiting the effects of acts undertaken by the Regulator, which were

2 Methodology: Precedents we researched at Federal Regional Courts, using the following keywords in Portuguese: road transport (transporte rodoviário), authorization (autorização), competitive bidding procedure (licitação) and/or 12,996 (12.996). Based on the identified precedents, the authors hunted for lawsuits on the websites of the respective Federal Judiciary Sections, involving the same parties and/or the same corporate counsels found in the initial phase of the research, expanding the search findings on the basis of the identified parties and their counsel appearing in each of the lawsuits. After obtaining copies of the proceedings through the PJE and e-PROC systems at the I to V Region Courts Judiciary Sections, references by the parties in these lawsuits were sought to other court decisions and legal actions filed previously, completing the database. The results may not represent all the lawsuits filed with Courts all over Brazil.

then promptly revoked or reviewed. Only two preliminary injunctions were in effect at the time this paper was completed: one of them ordered the suspension of the concession authorisation confirmed on a competitor of the claimant, until a final judgement is rendered on this case; in the other, the preliminary injunction was granted through an appeal, suspending the effects of Decision Nº 955/2019 until the final decision is rendered on merit in this case. For the latter lawsuit, the ANTT had not provided evidence of compliance with the preliminary injunction at the time of completion of this paper. Both these cases are being heard by the Federal Regional Court – I Region.

In turn, there were few cases with court decisions handed down on merit by May 2022. In the public civil actions filed in Rio de Janeiro and Espírito Santo States, the request filed by the Federal Prosecutor´s Office (MPF) was granted, requiring the ANTT to conduct a competitive bidding procedure as a condition for market occupancy, even after the promulgation of Law Nº 12,996/2014. Decisions steering competitive bidding procedures are still awaiting confirmation or final decision from the STF. Most of these cases are suspended until a judgement is rendered on this matter by the Federal Supreme Court through Direct Action of Unconstitutionality Nº 5549. Furthermore, decisions on merit have been handed down in four cases filed by companies in this sector, suspending concession authorisations for markets previously held by service providers. In three of these cases, the decision is not yet definitive, while for the fourth the decision was overturned through an appeal, upholding the efficacy of the concession.

These data reflect a high level of deference in the Courts for administrative acts undertaken by the ANTT. Judges tend to take the technical analyses into consideration, preserving concessions and operating licences granted to companies in this sector, based on the new regulatory model introduced by Law Nº 12,996/2014 for regular interstate passenger road transport services.

Despite the cautious approach adopted by judges in general, there is no way of dimming the relevance and importance of discussions underway in the Federal Courts, especially the Federal Supreme Court. The constitutionality of the waiver of competitive bidding procedures is a matter that is still controversial, with significant disagreements among Federal Courts all over Brazil.

On this point, the Federal Regional Courts – II Region, which examines federal matters in Rio de Janeiro and Espírito Santo States, handed down a decision on the unconstitutional status of the model established by Law Nº 12,996/2014, through a brief claiming an absence of constitutionality presented in one of the public civil actions filed by the Federal Prosecutor´s Office (MPF). This Regional Court declared the unconstitutional status of the provision in Article 13, item V, line “e” of Law Nº 10,233/2001, having understood that “infraconstitutional lawmakers may not turn Article 21 of Brazil´s 1988 Constitution into a dead letter of the law, as would occur if the activities listed there were to be undertaken under an exclusively private system, through authorisation, fully suppressing the public right regimen through concessions and permits” (TRF2, 2017).

The Federal Regional Courts – IV Region, whose jurisdiction encompasses Alagoas, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte and Sergipe States, dismissed the claim of unconstitutionality for this same rule, when judging the claim of unconstitutionality presented in another lawsuit filed by the Federal Prosecutor´s Office (MPF) in Pernambuco State. It concluded that “in addition to stable, authorisation to engage in activities constituting public utility services as set forth in Law Nº 10,233/2001 does not fall beyond the constitutional boundaries imposed on the Civil Service”.

Although the decision handed down on claims of unconstitutional status is subject to diffuse control, meaning it produces effects only for the outcome of the lawsuit in which it was raised, once such unconstitutionality has been declared by a Regional Court, this solution may be adopted by judges in the Upper and Lower Courts in Judiciary Sections encompassed by the respective Regional Court, with no need to hear the Regional Court again. This legal provision raises the risk of the multiplication of decisions adopting, as a basic assumption, the understanding that was reached by the respective Regional Court, with the adoption of court orders and solutions that differ by Region, while addressing the same type of service, in this case regular interstate passenger road transport.

This underscores the importance of the matter presented to the Federal Supreme Court in Direct Actions of Unconstitutionality Nº 5549 and Nº 6270, which question the mandatory nature of the prior competitive bidding procedure as a condition for delegating and rendering interstate passenger transport services. The decision handed down by the STF in these cases is necessary to endow the provisions issued by the Regulator with juridical security, thus ensuring investment flows for expanding the services. After all, it would make no sense for companies to invest significant amounts of funding in developing a business model based on a regulatory framework that might be scrapped by a final decision handed down by Brazil´s Constitutional Court.

However, this is not the only major discussion underway on defining the legal and regulatory contours of interstate passenger transport services. There are also discussions underway at the Federal Audit Court (TCU) and in Congress, examining draft bills intended to modify and tighten up conditions for granting authorisations to companies wishing to render interstate passenger road transport services.

Under the aegis of the TCU, discussions are exploring the abilities of the Regulator to oversee companies and the services rendered which, in view of the judges in that court, would also be significant for defining the instruments for granting the services and authorising the entry of new service providers, on the grounds that new operators could enter only if the ANTT is able to oversee them. This was what was decided under a writ of prevention related to a judgement of a complaint submitted to the TCU in a lawsuit that is being heard sub rosa:

> "17. These observations lead to the conclusion in court through a summary hearing that the ANTT has been guiding its recent actions towards deregulating and liberalising interstate collective road transport services, with good possibilities of subjecting the population to service providers of doubtful quality, including the safety and security requirements for rendering transport services. Moreover, weak points in new authorisation issue control is fostering the appearance of a real "parallel market" on which authorisations are sold for rendering passenger transport services.

18. Another point of much concern is the oversight capability of the Regulator. It is not known whether the ANTT will verify compliance with the current rules by a long list of new companies operating in this sector, especially the effective rendering of the services to society with efficiency, safety, security, comfort, regularity and punctuality, at fair tariffs, as set forth in Article 20, item II, 'a' of Law Nº 10,233/2001" (TCU, 2021).

As stressed in the previous item, the decision on a writ of prevention handed down by the Federal Audit Court ordering the suspension of new authorisations granted by the ANTT had significant impacts on the process of releasing concessions and deregulating the sector as established in Law Nº 10,233/2001. For more than a year, this halted the inflow of new operators on to this market, which

was invariably reflected in aspects related to competition, pricing and expansion of the services.

In Congress, there are ongoing discussions of the conditions for rendering passenger road transport services. In 2022, Brazil´s lawmakers moved ahead with a draft bill for Law Nº 3,089/2020, which was approved to reword the provisions in Law Nº 10,233/2001. Article 47-B of Law Nº 10,233/2001 was altered to state that there will be no ceiling on the number of authorisations for regular international and interstate passenger road transport services, except in cases involving a lack of technical, operating and economic feasibility, which must be defined by the Executive Branch.

The requirement imposed by the lawmakers of ascertaining the technical, operating and economic feasibility of the routes and the operators runs parallel to discussions on the capacity of the Regulator for conducting economic feasibility studies for each of the routes along which long-distance road transport services will be rendered, being subject to questioning in the Judiciary and the TCU.

The more complex the obligations imposed on the Regulator by law, the more complex their implementation and performance by the ANTT, increasing regulatory burdens and the financial, material and human costs for its effective implementation. These costs are frequently associated with premises that have no material empirical grounds as occurs precisely with the risk of a lack of technical, operating and economic feasibility deriving from free competition.

The first mistaken premise, which alone makes regulation more complex, upping the risks of court discussions and challenges, lies in the concept established by Article 47-B that exceptions may be granted for concession “authorisations” for markets that are hypothetically not open to competition. Strictly speaking, authorisations should not be associated with the markets to be operated, but only with the abilities of the operators to render the services, regardless of the requested routes. If the requirements are met, authorisation should be issued to the company to operate interstate road transport services, for any markets.

As foreseen in Resolution Nº 4,770/2015, the ANTT may look ahead to the possibility of granting operating licences that allow the services to be rendered in regions or along routes, although this should not be confused with authorisation through a concession, under any circumstances. After all, the hypothetical absence of feasibility of a specific *market* for receiving the inflow of transport services under a fully competitive system should not be confounded with the feasibility of the *service providers* to offer the service within a fully competitive system. In other words, the authorisations of any companies meeting the formal and material requirements for operating the services should not be curtailed or limited by the technical, economic or operating conditions associated with one or more routes or markets where they decided to operate. Granting authorisation should never be limited by market conditions.

The second mistaken premise is associated with expectations of a lack of economic, technical, or operational feasibility among the competition for occupying the markets. In addition to the lawmakers not defining what would constitute these constraints, they find no parallel on a market open to free competition. So what would these hypothetical gaps in feasibility be, as mentioned?

If a lack of economic feasibility is taken to mean that there is a risk of predatory strategies being adopted that would undermine passenger safety and security, giving rise to destructive competition, there are no material elements indicating this risk, while at the same time, all markets would be subject to this risk. Even if the risk were to exist, it should not be mitigated ex-ante, with the authorisation for the concession or the operating

licences being limited, but rather through the repression of acts constituting unfair competition, based on Antitrust Laws, which already provide mechanisms curbing offences against the economic order, in ex-post control acts.

An example of the "absence of economic feasibility" was offered by Marçal Justen Filho, explaining that when this occurs, for example if the state renders transport services directly, charging a below-cost fare, operating at a loss and making it impossible for private operators to compete with the government. In this case, the outcome would be a lack of economic feasibility for private competitors, lacking the conditions needed to bear the losses in terms equivalent to what happens with the State (MARÇAL, 2016). This is not the case with the interstate passenger road transport sector, as these services have never been rendered directly by the State, and has never provided any subsidies to ensure that such services are rendered.

Following the same logic, another concept related to a lack of technical and operational feasibility would be the inclusion of material constraints on rendering the service. Article 42 of Resolution Nº 4,770/2015 issued by the ANTT rules that "an absence of operational feasibility is considered to occur in situations that constitute destructive competition or infrastructure restraints". The concept is broad and hard to understand. The definition of destructive competition is complex, and finds no support in economics of the law. There are references to destructive competition in a work by Hely Lopes Meirelles (1971), in which he analyses competition among means of transport, reaching the conclusion that this hypothesis would be established when uncontrolled exploitation of lines occurs, "with the enrichment of some permit-holders and the impoverishment of others or the destruction of all of them" (MEIRELLES, 1971). The current regulatory structure and the role of the regulators means that this concept is now outdated, precisely because of the possibility of location-specific intervention to correct market flaws and avoid predatory or destructive actions by private agents.

Generally, "technical feasibility" studies are intended to assess whether a specific project is feasible, taking into account its costs, risks and payback possibilities. The absence of technical, or operational feasibility would lead not to the annihilation of operators, but rather to constraints on the number of operators or even their total absence. If no one wishes to render the service, and it is absolutely essential in the view of the Government, the Law offers more than one solution: the Government may tender out the services through infrastructure exploitation, under Article 13, item I, of Law Nº 10,233/2001, or it may authorise it by establishing specific conditions that would endow specific markets with greater appeal. However, this analysis should not take place ex-ante, but rather ex-post, which means that the requirement of a prior economic feasibility examination for each of the markets is a costly and unnecessary step.

Despite their differences, the air transport market is a clear example that transport operators need not necessarily engage in destructive competition on a market with free competition, with no control of fares or routes by the Regulator. As confirmed in a recent study by Luis Gustavo Pinheiro Loureiro Carneiro and Paula Cristina de Oliveira Guimarães, despite the characteristics inherent to the aviation market, such as high fixed costs, low marginal cost, and the presence of barriers blocking entry, leading to natural concentration on this market, there is still nevertheless competition among the companies operating in this sector (CARNEIRO; GUIMARÃES, 2021).

Looking at the long-haul road transport sector, it is enough to glance at other markets elsewhere in the world that have gone through changes similar to those implemented in Brazil, to see that the model currently established by its legislation allows expansion of the services. There is no lack

of examples. In 2013, Germany approved a modification to its Passenger Transport Act (Personenbeförderungsgesetz) in order to pave the way to deregulating these services. Several recent studies indicate that the routes subject to competition have expanded, with lower prices and more and better quality services. The same occurred in France, which modified its legislation to allow full competition along routes from 2015 onwards.

Dated 2015, works by Niklas S. Dürr and Kai Hüschelrath (DÜRR e HÜSCHELRATH, 2015), the thesis authored by Maria Cinic in 2018 (CINIC, 2018) and the research project conducted by Laurent Guihery in 2019 (GUIHERY, 2019) examined the effects of competition on long-haul transport service supplies and prices. It was noted that the outcomes were beneficial for consumers. Guihery found strong competition between the two main bus companies (Flixbus and BlaBlaBus) in France and Germany, to be one of the factors that boosted service supply and quality. In Germany, this author found that "since deregulation in 2013, the number of intercity bus lines rose from 62 lines in the first quarter of 2013 to 328 lines in the fourth quarter of 2015, and 287 lines in the third quarter of 2018", stressing that there is a trend towards shrinkage as the services consolidate, but not dropping to the same levels as before the alterations to the regulations and the deregulation of this sector.

The mistake made by Brazilian lawmakers that led to the approval of Law Nº 3,089/2020, seems to be a confusion between the concepts steering public utility service agreements subject to prior competitive bidding procedures, regardless of whether or not the services are rendered on exclusive bases, like those associated with services granted under authorisations, which are fully subject to free competition and offer no broad guarantees to service providers. In these cases, there is no economic or financial imbalance or any economic and financial equation associated with the agreement. After all, if there is no deadline or prices established through the agreement, there is no way of talking about an economic equation associated with rendering the delegated services.

So what would be the criteria defining the tipping point, after which mention may be made of a lack of economic, technical, or operational feasibility? Would the loss of a certain number of passengers to a corporate competitor be sufficient to justify a definition of inadequate operational feasibility?

The premise pursued by Brazil´s regulatory model is that service providers request authorisation to render the services and qualify to operate along specified routes under certain general conditions. Right from the start, they are aware that there will be competition and consequently the potential of new operators entering the market with the same timetables or at different times from those that they offer, competing for the best bus stop spots, the best prices, and the best service quality. Under the authorisation system, compliance with the principle of continuous rendering of the services does not lie in upholding a specific deed of authorisation, but rather in their multiplicity, benefiting users with more generous supplies and keener competition.

This is why the dispute over the lack of economic, technical, and operational feasibility is mistaken, established in Article 47-B of Law Nº 10,233/2001, which guided many discussions in the Courts and the Federal Audit Court. A priori, the market mechanisms themselves are enough to outline the services to be rendered, with the ANTT gradually fine-tunning its oversight tools in order to keep pace with the development of the services. In turn, the expansion of the services should not be limited to the capabilities of the Regulator to conduct economic studies and oversee the activities of transport operators. To the contrary, efforts must be made to ensure that the Regulator keeps pace with market growth and service supplies.

4. CONCLUSIONS

As demonstrated, after more than five decades of stagnation, the interstate passenger road transport sector is moving into a new era in Brazil, with approval of Law Nº 12,996/2014. This laid the foundations for implementing a free competition system through granting authorisations for rendering regular services.

Keeping pace with a trend that is already visible in other countries striving to expand their long-haul passenger road transport services, this new legal framework brings a string of disputes in its wake. These must be surmounted and settled, in order to ensure the maturation of this sector and the expansion of these services within a healthy competition model.

These disputes cropped up with the end of the transition period established in this Law and the normative acts issued by the Regulator in 2019. Three years later, it is time for the STF and the TCU to settle the issues that are still awaiting their final word, particularly on the constitutionality of the delegation system and the capabilities of the ANTT to implement and oversee these services through authorisation.

Regarding the constitutionality of the concession model, through which the Federal Government can delegate services through authorisations, with no competitive bidding procedures, which is addressed by two Direct Actions of Unconstitutionality No 6270 and Nº 5549), lodged with the STF, this definition is extremely relevant for ensuring juridical security and ensuring the continuation of the reforms and studies that began in 2014. Without this definition by the Constitutional Court, there will always be a shadow of doubt looming over the legitimacy of the new regulatory system introduced by Law Nº 12,996/2014.

Regarding the abilities of the ANTT to implement and oversee the services, it is vital that the Audit Court complete the process that began more than a year ago, returning the reigns needed to regulate the rendering of these services. The solution for ensuring their expansion does not lie through curtailing authorisations and limiting the market, but rather through equipping the Regulator and endowing it with the tools needed to study, regulate and oversee the rendering of these services.

Finally, at the legislative level, it is vital that Brazilian lawmakers endow the Regulator with the autonomy needed for it to control the rendering of transport services without imposing new legal shackles that merely increase the regulatory burden, as demonstrated by history. The more requirements established by law, the harder it will be for the Regulator to update the rules and keep pace with the progress of the services, with repercussions on the judicialisation of this sector, and sluggish updates of sector-specific rules.

ARTICLE 2

Recent history has shown that, despite a string of disputes, the Judiciary has constantly deferred to the Regulator for this sector to a considerable extent, confirming the validity of the normative acts associated with the new legal and regulatory system instated in 2014 and implemented more firmly from 2019 onwards. Indeed, in an overwhelming majority of cases, the Lower and Upper Court judges rejected motions seeking to suspend authorisations and new markets, acknowledging not only the validity of the new set of rules established by Law Nº 12,996/2014, as well as the legitimacy of the ANTT, and the validity of the acts emanating from this Regulator.

The next task faced by Brazil´s lawmakers and the nation´s highest Courts (as well as the Audit Court) is the challenge of finding the best interpretation of the legal rules, striving to ensure the stabilisation of the legal and regulatory framework. Only by assuring broad-ranging grants of full authorisations and stepping up the competition will it be possible to surmount long-standing hurdles in Brazil´s transport sector, thus attracting fresh investments while fostering the expansion of these services, with benefits to their users.

5. REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Deliberation Nº 224, Diretoria Colegiada, 17 de agosto de 2016, DOU 22 ago.2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Deliberation Nº 955, Diretoria Colegiada, October 22, 2019, Federal Government Gazette (DOU): October 30, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Opinion Nº DDB 119 (8706488), Administrative Proceeding Nº 50500.099251/2020-22, pp. 702-895.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Resolution Nº 4,770 promulgated on June 25, 2015. Rules on the regulation of rendering regular interstate and international public passenger road transport services, under the authorisation regime.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, Resolution Nº 5.072 promulgated on April 12, 2016."Rules on the public selection process for granting authorisation of regular interstate and international road passenger transport services, addressed in Article 41 of Resolution Nº 4,770 promulgated on June 25, 2015". Available at: https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/22673691/do1-2016-04-14-resolucao-n-5-072-de-12-de-abril-de-2016-22673602

BRASIL, Confederação Nacional dos Transportes – CNT, Anuário CNT do Transporte, 2019, Available at: https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/File/Rod/ROD_1_5 _3_6.xlsx. Accessed on: May 1, 2022.

CARNEIRO, Luis Gustavo Pinheiro Loureiro, GUIMARÃES, Paula Cristina de Oliveira. Características do mercado de transporte aéreo público: uma visão do mercado no Brasil e comparação dos níveis de concentração com outros países, Textos para discussão/ Agência Nacional de Aviação Civil., Nº 1 (fev. 2021). Brasília, DF: ANAC, 2021. Available at: https://www.gov.br/anac/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/textos-para-discussao/textos/td-01-caracteristicas-do-mercado-de-transporte-aereo-publico-v201911.pdf. Accessed on: May 30, 2022.

CINIC, Marie, Market liberalisation of domestic long-distance bus services: evidence from deregulated EU countries and prospects for the market, Master's Degree Thesis, Università Ca' Foscari Venezia, 2017/2018.

DÜRR, Niklas; HÜSCHELRATH, Kai. (2015). Competition in the German Interurban Bus Industry: A Snapshot Two Years after Liberalisation. Competition and Regulation in Network Industries. V. 16. 188-218.

GUIHERY, Laurent. (2019). Long-distance Coach Services in France and Germany: the new European competition between Flixbus and BlaBlaBus - Rivista di Economia e Politica dei Trasporti (REPoT), ed.1, 2019.

JORDÃO, Eduardo Ferreira, "Quais os limites das competências do TCU sobre as agências reguladoras?", in Direito do Estado, rev. nº 476, 2021, Available at: http://www.direitodoestado.com.br/colunistas/eduardo-ferreira-jordao/quais-os-limites-das-competencias-do-tcu-sobre-as-agencias-reguladoras, Accessed on: May 28, 2022.

MARÇAL, Justen Filho, Curso de Direito Administrativo [ebook], São Paulo, Revista dos Tribunais, 12th edition ção, 2016, p. 303

MARTINS, Francisco Giusepe Donato; ROCHA, Carlos Henrique; BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves. Concentração na Indústria de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES – ANPET, 18., 2004. Florianópolis, 2004. p.1383. Available at: <goo.gl/UZwS3p>. Accessed on: January 10, 02/02/2023.

MEIRELLES, Hely Lopes. Estudos e pareceres de direito público. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1971. v.4. p.185.

SCHILLER, A. O. S. B.; SAMPAIO, P. R. P. Sistema de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros no Brasil: concorrência, falhas de governo e reflexos regulatório. [S. l.: s. n.]. Available at: https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,uid&db= cat08036a&AN=sbfgv.000137440&lang=pt-br&site=eds-live. Accessed on: May 30, 2022

STF, ADI 6482, Reporting Justice Gilmar Mendes, Full Court, judgement: February 18, 2021, Electronic Proceeding, Electronic Court Gazette (DJe): May 21, 2021;

STF, MS 27.516, Reporting Justice Ellen Gracie, Full Court, judgement: October 22, 2008, Electronic Proceeding, Electronic Court Gazette (DJe): December 5, 2008.

TCU, Processo administrativo no 033.359/2020-2, Reporting Justice Raimundo Correa, Opinion rendered on March 4, 2021.



O USO DO BIODIESEL PARA REDUZIR AS EMISSÕES DE CO_2 CAUSADAS PELA FROTA DE ÔNIBUS URBANOS DO RIO DE JANEIRO

Aurelio Lamare Soares Murta
UFF

RESUMO

Há vários anos, o uso do petróleo para movimentar veículos, transportar pessoas, gerar energia e outras atividades necessárias à vida social tornou o mundo muito dependente desse insumo. Dentre os combustíveis alternativos estudados, temos o biodiesel, combustível obtido pelo processo de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, que se tornou um potencial substituto do óleo diesel de petróleo. Entre as vantagens do uso desse combustível, destacam-se: ser renovável, reduzir a dependência do país do petróleo e ter menores índices de emissão de gases de efeito estufa do que o diesel de petróleo (petrodiesel). Dentre esses gases destaca-se o CO_2, que contribui para o aquecimento global e será o alvo deste estudo. Com base nos cálculos efetuados e levando-se em consideração o consumo de petrodiesel no Rio de Janeiro, pretende-se quantificar as emissões decorrentes de seu uso até 2030 na frota de ônibus urbanos da cidade do Rio de Janeiro e, paralelamente, calcular o potencial de redução de emissões com o uso do biodiesel nos percentuais estabelecidos pelo Governo Brasileiro no mesmo período.

Palavras-chave: biodiesel, transporte público rodoviário, emissões de CO_2

ABSTRACT

For several years, the use of oil to move vehicles, transport people, generate energy and other activities necessary for social life, has made the world very dependent on this input. Among the alternative fuels studied, we have the biodiesel, a fuel obtained through the transesterification process of vegetable oils or animal fats, which has become a potential substitute for petroleum diesel. Among the advantages of using this fuel, the following stand out: being renewable, reducing the country's dependence on oil, and having lower rates of greenhouse gas emissions than petro diesel. Among those gases stands out the CO_2, which contributes to the global warming and will be the target of this study. Based on the calculations made taking into account the consumption of petro diesel in Rio de Janeiro, it is intended to quantify the emissions from its use up to 2030 in the fleet of urban buses of the city of Rio de Janeiro and, in parallel, calculate the potential to reduce emissions with the use of biodiesel in the percentages established by the Brazilian Government in the same period.

Keywords: biodiesel, road public transportation, CO_2 emissions

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos motores de combustão interna ocorreu no final do séc. XVIII, que teve um desenvolvimento lento porém contínuo nos primeiros 100 anos. Em 1892, Rudolph Diesel recebeu a patente do motor de ignição por compressão que era alimentado por pó de carvão, mas o projeto original não teve sucesso. (MA E HANNA, 1999).

Em 1859, o petróleo foi descoberto na Pensilvânia, sendo usado principalmente para a produção de querosene. Rudolph Diesel usava vários derivados de petróleo em seus experimentos, tendo sucesso em seu primeiro protótipo de motor de ignição por compressão em 1895. Em Paris, no ano de 1900, um inventor usou óleo de amendoim como combustível para seu motor, que era uma das primeiras versões do motor diesel usado nos motores diesel (ALTIN et al., 2001).

Tirando proveito do preço baixo do petróleo vigente até o final do séc. XX, os motores diesel e o diesel evoluíram gradualmente. Há poucas referências a outra fonte de combustível para motor antes dos anos 1970. Nos anos 1930 e 1940, por exemplo, outras fontes de energia, como óleo vegetal, eram usadas como combustível somente em situações de emergência. Apesar desse interesse no biodiesel, os óleos vegetais e seus derivados se renovaram devido ao aumento no preço do petróleo e também a preocupação com o meio ambiente (PINTO et al., 2001).

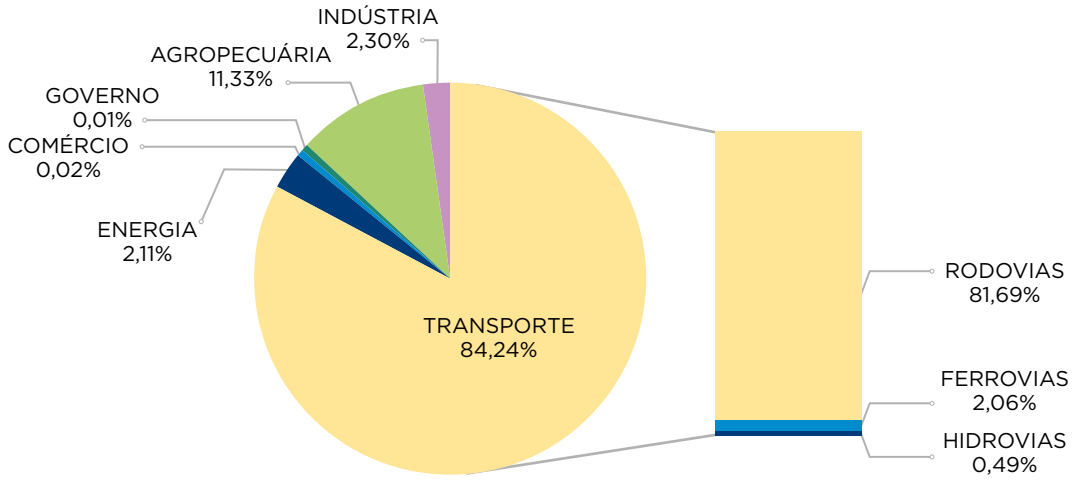
O Brasil se destaca entre os países interessados na produção de combustíveis alternativos ao óleo diesel devido ao seu alto potencial para a produção de biodiesel. Biodiesel gerado através da transesterificação de óleos ou gorduras de sebo bovino ou óleos vegetais brutos como óleo de amendoim, óleo de girassol, óleo de rícino, óleo de soja e outros cultivos regionais brasileiros, assim como óleo para fritar. O biodiesel é utilizado como parte de uma mistura com o petrodiesel, pode ser usado em equipamentos industriais, maquinário agrícola, construção civil, unidades de energia descentralizadas e veículos usados para o transporte de carga e passageiros.

De acordo com a IEA [*Agência Internacional de Energia*], (2017), o transporte representa aproximadamente 50% do consumo de produtos de petróleo no mundo. No Brasil, este número pula para aproximadamente 84,1% do consumo de energia final de petrodiesel, sendo o principal produto de petróleo importado pelo país. Desse percentual, 96,6% são usados apenas para o transporte rodoviário de passageiros e carga (BEN [*Balanço Energético Nacional*], 2019). O transporte rodoviário é o principal meio de transporte no país, respondendo por 61,1% de todos os despachos de carga (CNT [*Confederação Nacional do Transporte*], 2020).

Cerca de 86% das viagens de passageiros em meios de transporte coletivos no Brasil eram feitas por ônibus a diesel em 2018. Considerando as emissões de CO_2, os veículos usados pelas pessoas emitem 31 milhões de toneladas de poluentes por ano em suas jornadas. A maior parte (65%) é emitida por automóveis, depois pelos ônibus (30%), em segundo lugar (ANTP [*Associação Nacional de Transportes Públicos*], 2018).

A Figura 01 abaixo apresenta o consumo de petrodiesel em cada setor econômico no Brasil:

Figura 1 – Consumo de diesel em cada setor



Fonte: Adaptado do BEN (2019)

No transporte público de passageiros, esta situação ainda é mais dependente do transporte rodoviário, uma vez que a maioria das grandes cidades brasileiras não tem sistemas alternativos de transporte com suficiente capilaridade para atender à população. Como consequência, as maiores cidades brasileiras têm altas taxas de gases poluentes e altas concentrações de CO_2 devido ao uso do diesel no transporte.

De acordo com o INEA [*Instituto Estadual do Ambiente*] (2020), na região metropolitana do Rio de Janeiro em 2018, 77% das emissões atmosféricas vinham de fontes veiculares, inclusive da frota de transporte rodoviário público de passageiros.

O Brasil encontrou no biodiesel uma alternativa energética ao óleo diesel, reduzindo as emissões de CO_2 e o impacto ambiental uma vez que o biodiesel é uma fonte de energia renovável, também reduzindo a dependência no óleo diesel e aumentando a segurança energética no país.

2. TRANSPORTE PÚBLICO E RODOVIÁRIO NO BRASIL

No Brasil, é esperado que o mercado automotivo continuará a se expandir durante os próximos vinte anos, agravando problemas ambientais como o aumento das emissões de gases do efeito estufa e problemas de infraestrutura como condições das estradas, mobilidade urbana e transporte de carga (CNT, 2017).

A maioria dos gases do efeito estufa vem das indústrias, que precisam de energia para a produção industrial e a queima de combustível necessária para o transporte de passageiros e cargas pelas rodovias.

No Brasil, 61,1% das cargas são transportadas pelas rodovias, mostrando uma grande dependência deste modal na economia brasileira. Nas últimas décadas, o país tem sofrido com problemas de infraestrutura, pois não consegue manter as rodovias em boas condições devido ao tamanho da rede rodoviária e ao grande número de veículos nas estradas, afetando assim a logística do frete e do transporte de passageiros. Com isso em mente, o principal desafio em termos de infraestrutura é alcançar maior eficiência através da integração intermodal (CNT, 2017).

De acordo com a ANP [*Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis*] (2018), esses problemas prejudicavam inúmeros setores econômicos, como agricultura, gado e mineração, assim complicando todo o sistema de transporte e a venda das mercadorias produzidas. As rodovias não deverão ser a principal alternativa para o transporte de longa distância mais comum em um país com dimensões continentais e características geográficas como o Brasil. Visando reduzir o consumo de energia e as emissões de gases do efeito estufa, bem como reduzir os custos das empresas e indústrias com o transporte de suas mercadorias e produtos, é necessário investir na criação de um sistema mais equilibrado com maior participação de rodovias e hidrovias no transporte logístico.

O PNLT [*Plano Nacional de Logística e Transportes*] (2012) mencionou a necessidade do país de reduzir o volume da carga transportada por rodovias e investir nos modais de transporte com menos impacto no meio ambiente. De acordo com o PNLT a respeito da estratégia para eliminar o gargalo encontrado nas rodovias brasileiras, o país precisa aumentar a participação das rodovias no sistema de transporte de 25% para 32%, e das hidrovias de 13% para 29% em 20 anos. O transporte através de dutos e transporte aéreo deverá aumentar a sua participação para alcançar 5% e 1%, respectivamente, assim reduzindo a participação das rodovias de 61,1% para 33%.

Contudo, considerando a importância das rodovias no país, elas são usadas para o transporte de carga e passageiros. Além disso, os governos anteriores descartaram a infraestrutura de outras formas de transporte, encorajando a expansão e o uso de rodovias.

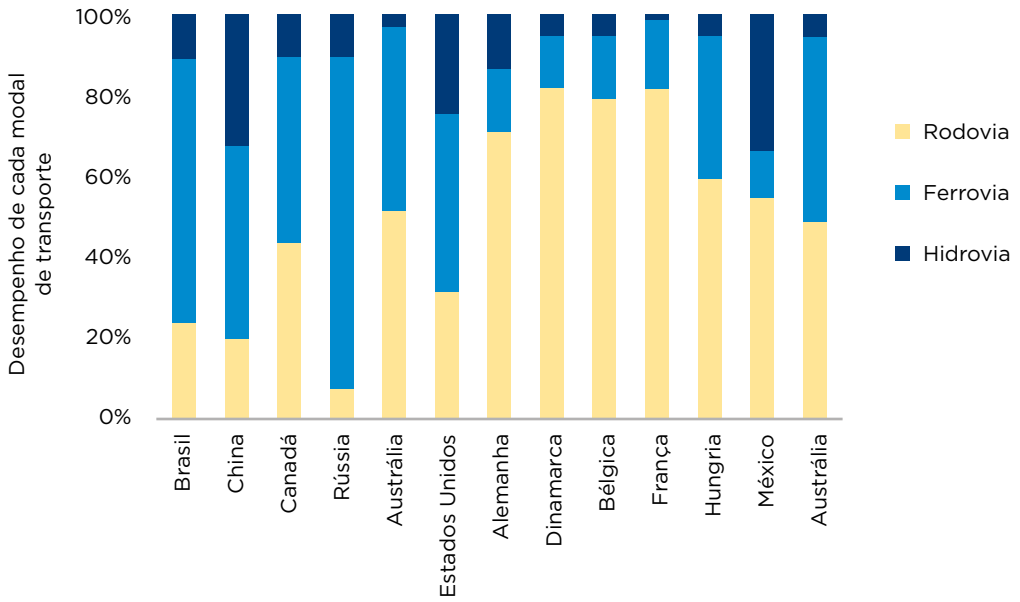
No Brasil, o sistema de transporte tem a participação de rodovias, ferrovias e hidrovias expressivamente diferente de outros países de dimensões geográficas similares. De acordo com o que foi previamente mencionado, o percentual das cargas transportadas pelas estradas no Brasil é extremamente alto em relação aos outros meios de transporte.

A Figura 2 abaixo mostra a participação de diferentes países no transporte de cargas por rodovias, ferrovias e hidrovias.

Pode-se ver que, nos países com grandes territórios, com exceção do Brasil, as rodovias exercem um papel menos importante no sistema de transporte dada a preferência pelo uso das ferrovias.

Também podemos ver no gráfico que os países com território menor usam basicamente as rodovias como o principal meio de transporte e o mesmo é observado no Brasil, mesmo quando a rodovia não é o meio mais eficiente para um país maior.

Figura 2 - O uso de diferentes modais de transporte em outros países (toneladas x km)

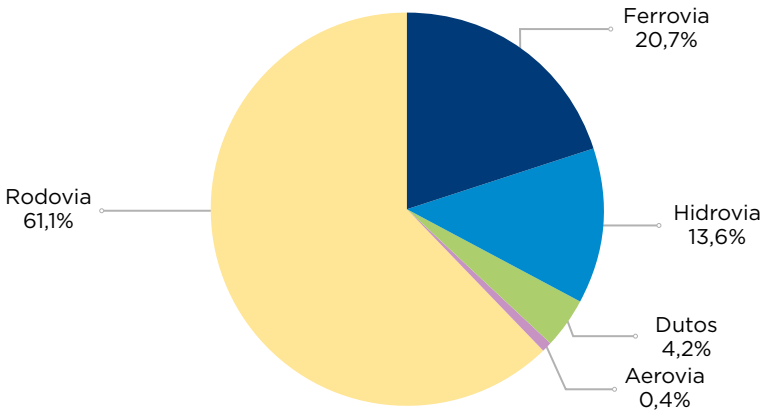


Fonte: Adaptado da CNT (2018)

Essas circunstâncias podem ser resultado de um baixo valor do frete rodoviário, tornando o transporte multimodal impraticável e, assim, desencorajando o uso de outros modais de transporte. Considerando os custos incorridos no transporte de carga, o valor aplicado ao frete é muito baixo, o que prejudica a eficiência do setor e impede a expansão de outros modais de transporte como hidrovias e ferrovias, afetando negativamente a sociedade como um todo.

Como resultado, podemos ver que o maior obstáculo ao sistema de transporte no Brasil é o desequilíbrio entre o transporte rodoviário e outros modais. Embora países com dimensões continentais como China, Canadá, Rússia e os Estados Unidos usem principalmente rodovias e hidrovias para o transporte, o Brasil continua a usar as estradas, ainda que elas não sejam o meio de transporte mais viável, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – O transporte de carga no Brasil



Fonte: Adaptado da CNT (2020)

De acordo com a CNT (2020), cerca de 61,1% do total das cargas era transportado por rodovias em 2020, totalizando um aumento de 5,1% em comparação com 2009.

As ferrovias, além de serem mais seguras, são capazes de transportar cargas maiores e mais pesadas em comparação com o transporte rodoviário. Contudo, o transporte rodoviário é a maneira preferida de transportar pequenas cargas, onde o remetente só precisa encher um caminhão antes de transportar a carga, diferentemente das ferrovias em que, antes do transporte, todo um vagão deve estar cheio. As entregas rodoviárias são razoavelmente mais rápidas e mais confiáveis para despachos LTL (de carga inferior a um caminhão) (MURTA et. al, 2018).

Assim, o transporte rodoviário é a melhor escolha para transportar produtos industriais de alto e médio valor e pequenos volumes por distâncias curtas. Contudo, devido ao baixo preço do frete rodoviário e à falta de investimento em outros modais de transporte no Brasil, as estradas continuam sendo a principal meio de transporte para commodities, como soja, produtos de petróleo e cimento.

De acordo com Araújo (2013), a preferência pelo transporte rodoviário no Brasil é resultado das baixas taxas de frete pagas, que não cobrem o custo real da atividade. Para tentar minimizar esta diferença, as operadoras de transporte se esforçam por obter mais contratos às custas da rápida depreciação dos veículos usados para esse fim.

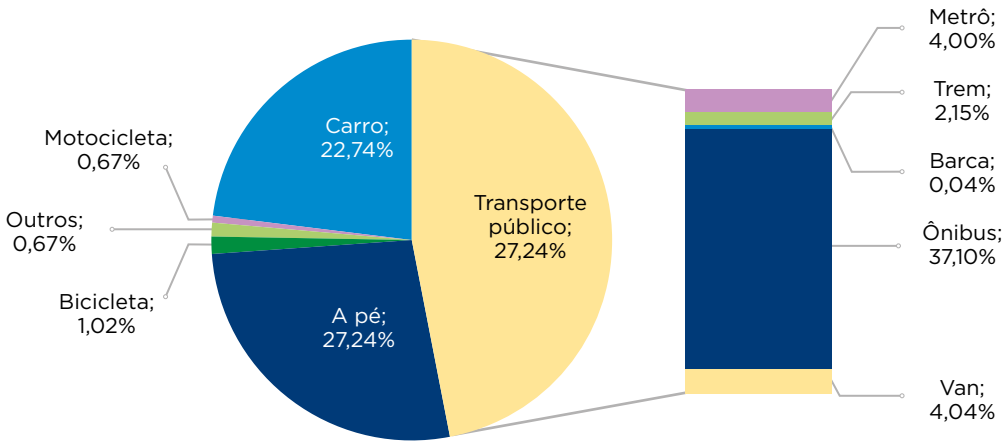
Murta et al. (2018) declaram que as rodovias são o segundo modal de transporte que mais consome combustível, atrás apenas ao transporte aéreo. Em consequência, a grande utilização do transporte rodoviário contribui de modo significativo para o alto consumo de diesel no Brasil.

2.1. Transporte público no Rio de Janeiro

Devido à grande dimensão geográfica e à integração com as cidades que formam a região metropolitana, a população da cidade do Rio de Janeiro precisa fazer vários deslocamentos diários para realizar as suas atividades diárias.

Essas movimentações são geralmente realizadas pelo sistema de transporte público de passageiros, seguidas pelo deslocamento por meio de veículos particulares e outros meios de transporte. Deve-se ressaltar que o sistema de ônibus urbanos responde por cerca de 37,1% de todas as viagens feitas nas cidades, seguido pelo transporte individual com 22,74% que demanda grandes quantidades de combustível fóssil para a sua operação, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4: Características do deslocamento na cidade do Rio de Janeiro



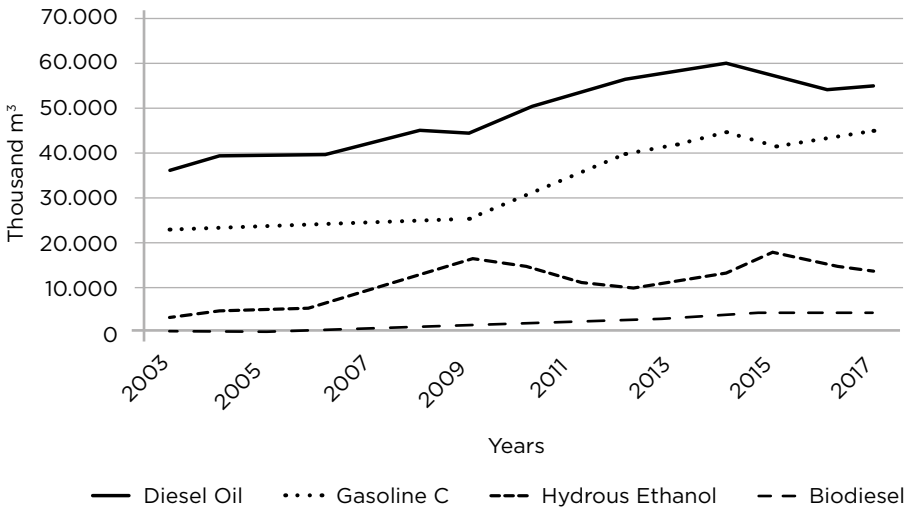
Fonte: PMUS [Plano de Mobilidade Urbana Sustentável] (2019)

Esta dependência de cerca de 59,84% de todos os deslocamentos por veículos de transporte rodoviário contribui de modo significativo para piorar a qualidade do ar e para aumentar as emissões de gases do efeito estufa, em especial o dióxido de carbono.

2.2. Consumo de combustível

Com o crescimento da frota de veículos, outro ramo do mercado se desenvolveu: os combustíveis. A Figura 5 mostra que, entre 2003 e 2017, o petrodiesel era o combustível mais consumido, apesar de ter apresentado uma queda no consumo que pode ser observada de 2015 até 2017. O biodiesel começou a ser adicionado ao petrodiesel em 2005, seu produto mais importante.

Figura 5 – Consumo de combustível automotivo no Brasil



Fonte: Adaptado da ANP (2018)

O petrodiesel é usado principalmente por caminhões, ônibus, veículos comerciais leves ou automotivos. Seu consumo começou a diminuir em 2010 (11,15%) e 2011 (6,14%), mais provavelmente devido ao uso de veículos inteligentes para o transporte de cargas e o aumento na participação das aerovias no transporte de passageiros e carga. Durante todo esse período, o consumo de gasolina oscilou. Diminuiu até 2003, provavelmente devido à baixa produção de veículos a etanol. Em 2006 ele baixou, crescendo novamente em 2007. Em 2009, ele diminuiu devido ao crescimento no consumo do etanol. Ao final de 2009, os veículos flex, capazes de rodar tanto com gasolina quanto com etanol, chegaram ao mercado brasileiro, fazendo com que os preços do etanol subissem, reduzindo assim a demanda. Com a queda da oferta do etanol em 2011, o consumo da gasolina cresceu novamente. Por sua vez, o etanol passou por flutuações como as da gasolina. Em março desse ano de 2020, com a pandemia, as retiradas das distribuidoras foi 902% do estimado para o período de dois meses em março/abril, e algumas das distribuidoras alegaram motivos de "força maior" para não pagar as multas por não conformidade com a retirada mínima de 95%, como determinado no contrato (UDOP [*União Nacional da Bioenergia*], 2020).

A produção do petrodiesel cresceu 4,65% em 2013, um aumento significativo em comparação com 2012, chegando a quase 59 bilhões de litros. De 2016 a 2017, o crescimento foi de cerca de 1%, com um consumo de 54,8 bilhões de litros (ANP, 2018). Em 2019, o óleo combustível caiu de 2,312 bilhões de litros para 1,890 bilhão de litros, um decréscimo de 18,25%, devido ao processo de substituição tecnológica para combustíveis mais limpos (ANP, 2020). As distribuidoras de combustível chegaram, em novembro de 2020, a vender 5,2 bilhões de litros de óleo diesel, um volume 7% maior do que foi registrado no mesmo mês do ano anterior. Essa foi a primeira vez, desde o início da pandemia, em que a marca do ano anterior foi superada.

A partir desses dados, a venda de veículos aumentou, bem como o consumo de combustível, contribuindo para o desenvolvimento econômico do país. Contudo, esta situação de demanda e produção crescentes também envolve aspectos negativos, como o crescimento da poluição do ar emitida por esses veículos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, o setor de transporte tornou-se o maior poluidor de centros urbanos devido ao deslocamento do transporte de carga pelo país.

No caso do transporte público de passageiros, de acordo com a ANTP (2016), a população brasileira consome cerca de 13,6 milhões de TEP (toneladas equivalentes de petróleo) por ano em suas movimentações. A maior parte desta energia (71%) é gasta no uso de carros. O transporte público responde por 24% do consumo de energia. Lembrando que o carro responde por apenas 29% do total do percurso, este modal consome 71% do total da energia consumida na mobilidade urbana.

O sistema urbano de ônibus na cidade do Rio de Janeiro tem passado por aumentos significativos no total do consumo de óleo diesel. Em 1990, o consumo total da frota era de cerca de 202 milhões de litros de diesel. Durante os dez anos seguintes, o consumo aumentou em uma média de 4,40% para cerca de 285 milhões. De 2000 a 2010, houve uma ligeira diminuição no consumo médio de cerca de 0,92% e, de 2010 a 2016, houve de novo um aumento médio de cerca de 0,52%, de acordo com a Retranspor [*Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro*] (2017).

Conforme a Retranspor (2020), estimou-se que, de 2010 a 2020, houve um aumento médio no consumo de diesel de cerca de 1,29% no sistema urbano de ônibus na cidade do Rio de Janeiro, na ausência de mudanças no perfil de mobilidade urbana do município.

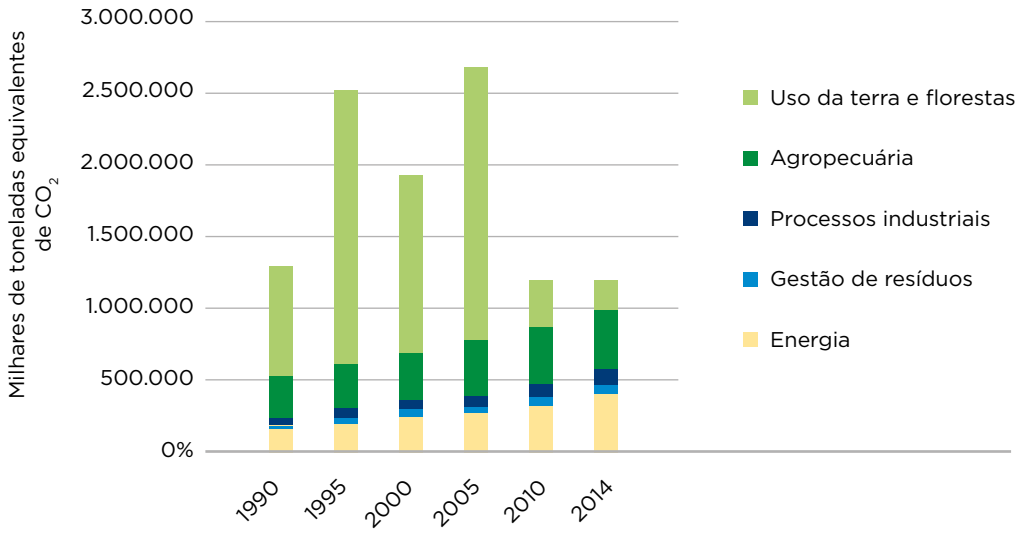
3. GÁS DE EFEITO ESTUFA PRODUZIDO PELO TRANSPORTE

Em 2015 e 2016, o aumento de CO_2 na atmosfera era de cerca de 3 ppm [partes por milhão], chegando a uma concentração total de 402,8 ppm em 2016. No mesmo período, as emissões de CO_2 de combustível fóssil permaneceram aproximadamente constantes. Em 2015, as emissões de CO_2 eram menores, porém mais variáveis, devido à mudança no uso da terra, devido ao aumento no número de incêndios e ao desflorestamento. As emissões de CO_2 (combustíveis fósseis, indústria e mudança no uso da terra) aumentaram 1,1% em 2015 para um total de 41,5 bilhões de toneladas, e diminuíram 2,1% em 2016 (Peters, et. al, 2017).A demanda global de energia no primeiro trimestre de 2020 baixou 3,8%, ou 150 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe), em relação ao primeiro trimestre de 2019. Graças à pandemia, a queda na atividade econômica global e na mobilidade durante o primeiro trimestre de 2020 reduziu a demanda de algumas fontes de energia. Isso resultou em uma importante queda nas emissões globais de CO_2, superando quaisquer baixas anteriores. As emissões globais de CO_2 foram 5% inferiores no primeiro trimestre de 2020 àquelas no primeiro trimestre de 2019, principalmente devido a uma queda de 8% nas emissões de carvão, 4,5% de petróleo e 2,3% de gás natural. As emissões de CO_2 caíram mais do que a demanda de energia. As emissões de CO_2 diminuíram mais nas regiões que sofreram os impactos iniciais e maiores da COVID-19: China (-8%), União Europeia (-8%) e Estados Unidos (-9%). As condições atmosféricas mais amenas também fizeram uma importante contribuição para o declínio das emissões nos Estados Unidos (IEA, 2020).

De acordo com a ONU [*Organização das Nações Unidas*] (2014), 78% dos gases do efeito estufa emitidos na atmosfera estão ligados à queima de combustíveis fósseis, inclusive atividades e setores relacionados ao transporte. A qualidade do ar influencia diretamente a saúde das pessoas porque ela causa doenças respiratórias e diminui a qualidade de vida. Por exemplo, uma pessoa nascida em São Paulo tem uma expectativa de vida 3,5 anos menor do que outra que vive em Curitiba. A queima de combustíveis fósseis também causa perdas financeiras, reduzindo o interesse em investimentos no país (MME [*Ministério de Minas e Energia*], 2018).

De acordo com o inventário nacional sobre emissões de gases do efeito estufa, no Brasil as atividades com os mais altos níveis de emissão são o desflorestamento, a agricultura e o gado. A Figura 6 mostra os níveis de emissão de cada atividade produtiva. A categoria de processos industriais inclui os setores automotivo e de transporte (MME, 2018).

Figura 6 – Emissão de gases do efeito estufa durante os anos no Brasil



Fonte: Adaptado do MME (2018)

A poluição do ar encontrada nos centros urbanos é causada por veículos (ou automóveis) leves; e também está relacionada ao transporte rodoviário de carga. No Brasil, como em outros países, a rede de transporte depende principalmente das rodovias.

De acordo com o SNEA [*Sindicato Nacional de Empresas Aeroviárias*] (2011), se comparado com outros países, o Brasil tem uma emissão baixa de gases poluentes nos últimos 40 anos e a China tem aumentado as suas emissões de combustão de combustível. Embora as emissões brasileiras tenham aumentado de 91 para 360 Mt de CO_2 por ano (300%) em 2009, as emissões chinesas aumentaram a uma taxa alarmante de 809 para aproximadamente 8.000 Mt CO_2 (888%) nesse período. De fato, em 2007 a China ultrapassou os Estados Unidos e tornou-se o maior emissor de dióxido de carbono no planeta, uma posição que detém até hoje.

Em 2016 e 2017, então, as emissões no Brasil estavam caindo (0,4% em 2016 e 4,2% em 2017). Contudo, em 2019 e 2020 elas aumentaram bastante devido à explosão do desflorestamento na Amazônia e no Cerrado (SEEG [*Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa*], 2020). Com o tempo, o Brasil era o maior responsável pelas emissões na América Latina, em 2018. O país emitia cerca de 5% do que a China lançava na atmosfera nesse ano (BBC, 2019).

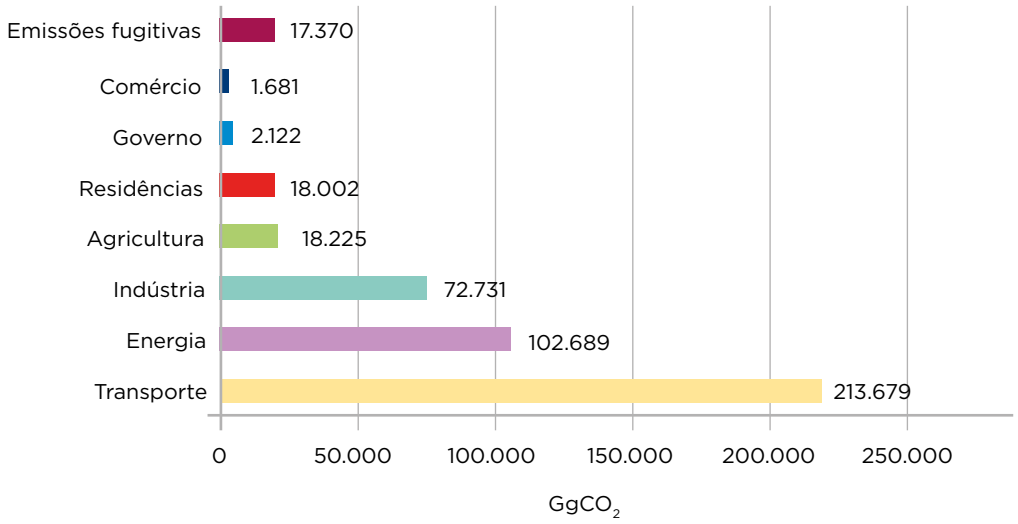
Essa diferença nas emissões dos dois países pode ser explicada por dois fatores. O primeiro é a taxa de crescimento do seu PIB [*Produto Interno Bruto*] na década passada. Durante os últimos 40 anos, o Brasil manteve uma taxa média de crescimento de 3,83% por ano, enquanto a China cresceu incríveis 9,04% por ano.

O segundo fator que influencia a diferença na emissão dos dois países é a matriz energética – enquanto 46% da matriz brasileira é composta de energia renovável, a China só usa 0,5%. A maior participação da produção de energia da China vem do carvão, que tem o maior potencial de emissões de gases do efeito estufa entre todas as fontes de energia.

Em 2011, de acordo com o BEN (2017), do valor total das emissões iguais a (192,0 $MtCO_2$ equiv) do setor de transporte,

395,8 $MtCO_2$ equiv foram causados pela atividade humana. Mesmo com o crescimento da frota automotiva no país, a emissão de CO_2 foi de 0,16 kg de CO_2 / US$ em 2011, que é duas vezes menos intensiva de carbono do que a economia dos Estados Unidos, 1,4 vez menos do que a economia europeia e 2,8 menos do que a chinesa. A Figura 7 mostra as emissões de cada setor no Brasil.

Figura 7 – O total das emissões de CO_2 em cada setor no Brasil



Fonte: Adaptado do MME (2018)

Com base em dados e informações, podemos ver na figura acima que, com o crescimento da frota de veículos brasileiros, é esperado um aumento na demanda de energia e nas emissões de gases CO_2. No intuito de manter as emissões sob controle sem afetar o crescimento do setor industrial, é necessário investir em fontes de energia renovável, que têm menos potencial para a emissão de poluentes gasosos, em particular os biocombustíveis usados no transporte e a biomassa que pode ser usada tanto para a geração de energia quanto para fins industriais.

Os veículos usados individualmente no Brasil emitem 528 mil toneladas de poluentes locais por ano em seus deslocamentos. A maioria (59%) é emitida por automóveis, seguidos dos ônibus (21%), de acordo com a ANTP (2017).

Conforme já mencionamos, na região metropolitana do Rio de Janeiro, composta de 19 municípios, cerca de 77% das emissões atmosféricas são causadas pelo uso de veículos em geral, enquanto os 23% restantes veem dos setores petroquímico, naval, de produtos químicos e alimentos, e da transformação da energia.

4. O USO E A PRODUÇÃO DO BIODIESEL NO BRASIL

Os biocombustíveis podem ser usados para substituir parcial ou totalmente os combustíveis derivados do petróleo ou do gás natural em motores e geradores de força, podem ser produzidos da gordura animal ou do óleo vegetal que reagem quimicamente com o álcool e podem ser adicionados ao petrodiesel em várias proporções. No Brasil, os principais biocombustíveis são o etanol extraído da cana de açúcar e o biodiesel (MURTA et al., 2018).

A participação do biodiesel na matriz energética brasileira vem crescendo a cada dia, sustentada pela teoria de que ela é capaz de substituir o petrodiesel em todas as suas aplicações. Assim, o biodiesel vem sendo introduzido em mercados específicos para assegurar a eficácia da sua expansão.

De acordo com Pereira et al. (2012), o consumo de biodiesel pode ser dividido em dois mercados: geração de energia estacionária e veículos a motor. O primeiro serve para a geração de energia para fins específicos ou para atender a locais remotos ou áreas em que há falhas no fornecimento. A quantidade de energia gerada não é significativa, mas representa economia considerável nos custos de transporte e, mais importante, promove a cidadania e a inclusão social para as comunidades locais.

O mercado automotivo é dividido em dois grupos, o primeiro dirigido aos grandes consumidores com circulação geográfica limitada: empresas de transporte urbano, transporte ferroviário e aquaviário, entre outros. O segundo é a venda de combustível em postos regulares, relacionados ao transporte de carga interestadual e de passageiros, e aos consumidores em geral. É importante destacar que, no Brasil, o biodiesel é usado principalmente como combustível para veículos, deixando o uso para a geração de energia secundária.

A Lei 11.097 de 2005 cria o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) com o propósito de encorajar pequenos produtores e estimular o desenvolvimento socioeconômico. Regras adicionais foram incluídas depois no programa, indicando que uma mistura de 2% de biodiesel (B2, composto de 2% de biodiesel e 98 de diesel) se tornaria obrigatória a partir de janeiro de 2008, um percentual que aumentou em julho de 2008 (para 3%) e julho de 2009 (para 4%).Foi originalmente determinado que a mistura seria de 5% de biodiesel a partir de janeiro de 2013, mas esse aumento entrou em vigor em janeiro de 2010.O governo também determinou que o percentual de biodiesel na mistura chegaria a 6% em julho de 2014 e 7% entre novembro de 2014 e fevereiro de 2017. Em março de 2017, a mistura chegou a 8% (MME, 2018). No final de 2019, ela era de 10%, chegando a 15% (B15) em 2023 (APROBIO [*Associação dos Produtores de Biocombustível do Brasil*], 2020).

Apesar da determinação do MME (APROBIO, 2020), o percentual de biodiesel na mistura com o diesel aumentou para 9% em 2018 e para 10% em 2019. Bem depois da Colômbia, onde, já em janeiro de 2008, a comercialização da mistura de biodiesel ao diesel partia do petróleo na proporção de 5% (B5), e um acréscimo na proporção de 10% da mistura (B10) em 2010 (Gutiérrez Franco, 2011).

Em 2025, o percentual em vigor deverá ser de 15% no Brasil e, em 2030, ele aumentará para 20%, o que demandará maiores quantidades produtivas desse biocombustível. De acordo com estimativas da APROBIO (2020), a produção do biodiesel deve alcançar 18 bilhões de litros em 2030 e o consumo de diesel deve alcançar 90 bilhões de litros.

Em 2015, a Agência Nacional do Petróleo tinha 53 usinas de produção de biodiesel operando licenças, com uma capacidade total de produção de 20.366,10 m3 / dia. As usinas de biodiesel estão distribuídas geograficamente, a maioria na região sudeste. As regiões centro-oeste e sul concentram 85,37% da produção de biodiesel brasileira (ABIOVE [Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais], 2018).

Em reação à queima de combustível, o plantio da semente oleosa e a produção do biodiesel demandam muito menos energia do que a queima de combustível, levando a balanços energéticos altamente positivos. A transformação do biodiesel em energia é feita em um ciclo fechado de carbono. O dióxido de carbono resultante da queima do combustível é absorvido por fotossíntese (PEREIRA et al., 2012).

Devido à sinergia entre o complexo oleaginoso e o etanol, a produção do etanol deve ser intensificada. O etanol é usado na produção do biodiesel pela transesterificação de etil, aumentando a demanda pelo etanol. Assim, o mercado de biodiesel promove o desenvolvimento da indústria de açúcar e álcool, gerando novos investimentos no setor.

No intuito de aumentar a viabilidade econômica da produção do biodiesel, seus subprodutos (bagaço de cana, farelo, glicerina e lecitina) devem ser estudados e desenvolvidos.

Muitas usinas no Brasil são capazes de produzir biodiesel de sementes oleosas como amendoim, babaçu, girassol, óleo de rícino, palma e soja. Essas fontes de matéria-prima podem ser encontradas em várias regiões do Brasil, e em cada região existe uma fonte específica. De acordo com a APROBIO (2016), no Brasil o biodiesel é mais produzido a partir do óleo de soja (77%), do sebo da carne bovina (18%) e outros (5%).

As plantações são muito comuns na América do Sul, principalmente por não haver necessidade de limpar novas áreas para o plantio. Elas são amplamente usadas na produção de biomassa como uma fonte de óleos vegetais, o que indica que a capacidade de produção do biodiesel pode ser ampliada sem prejudicar o meio ambiente.

O biodiesel tem grande demanda em áreas urbanas, estradas, ferrovias, transporte aquaviário de carga e passageiros, motores estacionários e geradores de força. Quanto à oferta para atender a toda essa demanda, muitas plantações oleaginosas não são usadas para a produção do biodiesel. Entre as várias matérias-primas para a produção do biodiesel, o óleo de palma se sobressai por seu alto rendimento por hectare (PEREIRA et al., 2012).

A Tabela 1 mostra a capacidade de produção do biodiesel por hectare plantado das principais sementes oleosas encontradas no Brasil. Embora ele não tenha o maior rendimento por hectare, o óleo de soja se sobressai por sua organização e competitividade, voltado para as exportações, e atualmente é a matéria-prima mais utilizada para a produção do biodiesel no país.

Tabela 1 – O potencial da produção do biodiesel por sementes oleosas no Brasil

PLANTAÇÃO		Teor de óleo (%)	Rendimento agrícola (ton/ha)	Rendimento de óleo (Litro/ha)
Nome vulgar	Nome científico			
Sésamo	Sesamum indicus	38-40	0,8	1200-620
Girassol	Heltantus annus	39-48	1,5-2,0	2510-2100
Rícino	Ricinus comunis	42-045	0,6-2,5	450-270
Amendoim	Arachis hipogaea	39-48	1,4-2,5	1680-950
Palma	Elaets guineensis	18-26	10,0-22,0	5900-3000
Soja	Glyctne max	17-20	1,5-3,0	1000-700
Semente de canola	Brassica napus	37-46	1,7-2,0	1100-690
Caroço de algodão	Gossyptum hirsutum	16-18	1,7-3,0	700-490
Pinhão	Jathopha curcas	24-26	1,0-5,0	520-350
Coco	Cocos nucifera	52-60	1,0-5,0	1100-700

Fonte: Nogueira (2011)

De acordo com a ANP (2018), iniciativas como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), que pretende aumentar a oferta de biodiesel no Brasil, incitam a maior demanda do mercado para os biocombustíveis e estimula os investimentos privados no setor. O PNPB admite que o investimento econômico para disseminar o uso do biodiesel no país está relacionado com o crescimento do mercado interno e a conquista do mercado internacional. Para que os empreendimentos funcionem de forma eficiente, as políticas públicas devem oferecer as condições necessárias para que as empresas trabalhem com eficiência, promovendo a inclusão social e o desenvolvimento em todas as regiões, de acordo com o conceito mais amplo de sustentabilidade. Nesse sentido, o grande potencial do Brasil é divergente, considerando que a sua participação no mercado ainda é pequena em comparação com a da Alemanha e a dos Estados Unidos, como demonstrado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Produção mundial de biodiesel: MME

Produção de biodiesel e parcela do mercado internacional			
Posição	**Países**	**Toneladas (milhões)**	**%**
1	EUA	4.113	14,4
2	Alemanha	3.352	11,7
3	Argentina	3.074	10,8
4	Indonésia	2.936	10,3
5	Brasil	2.567	9,0
6	França	2.360	8,3
7	Países Baixos	1.720	6,0
8	Espanha	1.212	4,2
9	Tailândia	1.009	3,5
10	Polônia	739	2,6
11	Malásia	696	2,4
12	Itália	580	2,0
13	China	400	1,4
14	Bélgica	374	1.3
15	Coreia do Sul	358	1,3
	Outros	3.059	10,7
	Mundo	28.549	100,0

Fonte: MME (2018)

5. METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DA REDUÇÃO DAS EMISSÕES DE CO_2

No agronegócio, as decisões que têm o suporte de modelos de programação matemática incluem, principalmente: decisões estratégicas, com a meta de maximizar a produção do agronegócio e de preservar o meio ambiente (GUTIÉRREZ FRANCO, 2011).

Para o cálculo da redução do CO_2 emitido pelo uso do biodiesel no sistema rodoviário brasileiro, a metodologia de cima para baixo foi elaborada pelo Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC, 1996), autorizando a aplicação do consumo de combustível final dos ônibus urbanos na cidade do Rio de Janeiro (Fetranspor, 2018).

Para o cálculo das emissões de CO_2, é crucial alcançar o nível do consumo de combustível. No inventário das emissões do IPCC, o consumo corresponde à quantidade de combustível consumida no país.

Contudo, o petrodiesel não será substituído pelo biodiesel de uma vez, o biodiesel será adicionado ao petrodiesel conforme a legislação do governo descrita

no item 5 deste artigo. Em consequência, o cálculo das emissões de carbono foi feito de acordo com os níveis da mistura do biodiesel com o petrodiesel determinado para os anos estudados.

Uma vez descoberto o consumo, dividimos a aplicação metodológica em seis etapas: cálculo do consumo de energia, cálculo da quantidade de carbono, cálculo da quantidade de carbono fixo, cálculo das emissões de carbono líquido, cálculo das emissões de carbono efetivas e cálculo das emissões de CO_2. Essas etapas estão descritas abaixo e os resultados serão discutidos na próxima seção.

5.1. Cálculo do consumo de energia

Como cada combustível tem um teor de energia diferente, o consumo de combustível aparente foi convertido em uma unidade de alimentação comum, como demonstrado na Equação 1.

$$FC\ (fuel)\ = AC\ (fuel)\ x\ F_{conv}\ x\ 41.841\ x\ 10^{-3} (1)$$

Onde ***FC (fuel):*** Consumo de energia de um determinado combustível [TJ];
AC(fuel): Consumo de energia aparente de um determinado combustível [m^3];
F_{conv}: Fator de conversão [tEP/m^3];
41.841 x 10^{-3} TJ = 1 tEP - Brasil.

Este estudo usou 0,848 tep/m^3 como um fator de conversão para o petrodiesel e 0,777 tep/m^3 para o biodiesel, conforme determinado pelo BEN (2017) e pelo DOE [*Departamento de Energia*] (1998).

5.2. Cálculo da quantidade de carbono

Como ocorre com a energia, o combustível tem várias quantidades de carbono. Usando a equação 2, foi calculada a quantidade de carbono em cada combustível.

$$CQ\ (fuel)\ = FC\ (fuel)\ x\ F_{emission}\ x\ 10^{-3} (2)$$

Onde ***CQ (fuel):*** Quantidade de carbono de um determinado combustível [GgC];
FC (fuel): Consumo de energia de um determinado combustível [TJ];
$F_{emission}$: Fator de emissão de carbono [tC/TJ].
O estudo atual usou 20,20 tC/TJ como o fator de emissão para o petrodiesel e 19,88 tC/TJ para o biodiesel, de acordo com o IPCC (1996).

5.3. Cálculo das quantidades de carbono fixo

Quando os combustíveis não são usados para fins energéticos, uma parte do carbono permanece fixa ou armazenada. Nesse estudo, o petrodiesel foi usado para fins energéticos, portanto a quantidade de carbono fixo é zero. No biodiesel, a quantidade de carbono armazenado na biomassa é de 40%.

5.4. Cálculo das emissões de carbono líquido

As emissões de carbono líquido são o cálculo da massa entre o carbono no combustível menos a quantidade de carbono fixo de usos não-energéticos.

5.5. Cálculo das emissões de carbono efetivas

Quando um inventário da emissão está sendo desenvolvido, nem todo o carbono no combustível é considerado oxidado, uma vez que a combustão total dificilmente ocorre. Cerca de 1% do carbono não oxidará, sendo incorporado a cinzas ou outros subprodutos. Consequentemente, as emissões de carbono efetivas são equivalentes a 99% das emissões de carbono líquido.

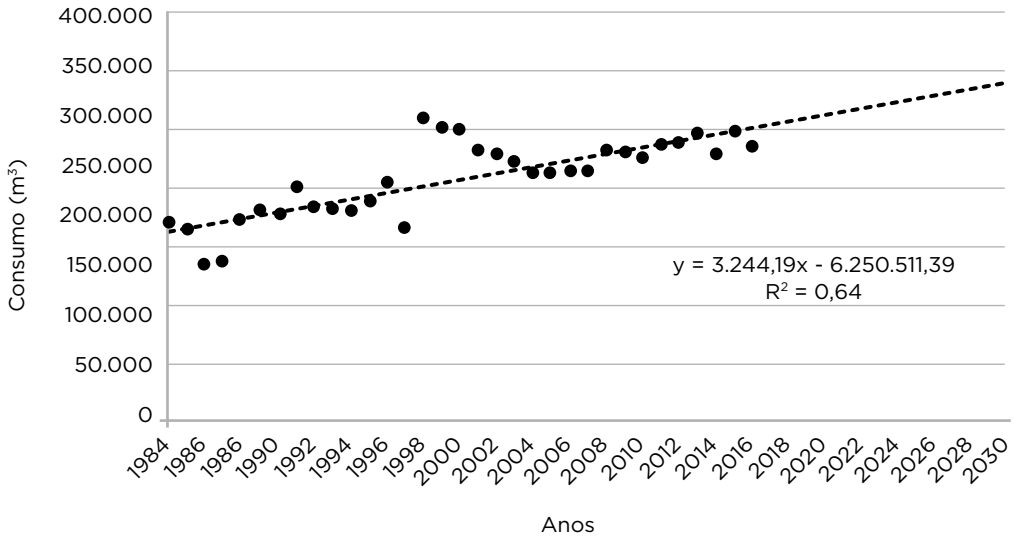
5.6. Cálculo das emissões reais de CO_2

Para calcular as emissões reais de CO_2 do nível efetivo das emissões de carbono, levando-se em conta o teor de carbono da molécula: todas as 44 toneladas das 12 toneladas de CO_2 são de carbono. Assim, as emissões de CO_2 são equivalentes a 44/12 das emissões de carbono.

6. RESULTADOS

Usando os dados coletados pela Fetranspor (2018), que são publicados anualmente, foi concebida uma projeção do consumo de petrodiesel nos ônibus urbanos no Rio de Janeiro entre os anos de 2017-2030 em relação ao consumo real de 1984 até 2016. Para obter a tendência, foi utilizada uma regressão linear, como demonstrado na Figura 8:

Figura 8 – Tendência de crescimento para o consumo de petrodiesel



Fonte: Adaptado da Fetranspor (2018)

Levando em conta os valores fornecidos pela regressão, foram estimados os níveis de biodiesel e diesel, considerando as regulamentações do governo brasileiro com respeito aos percentuais da mistura e as datas em que eles entraram em vigor.

Assim, considerando o consumo volumétrico dos combustíveis para os percentuais de 2%, 5%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15% e 20% (para os períodos de 2005-2007, 2008- 2013, 2014-2016, 2017, 2018, 2019-2024, 2025-2029 e 2030) do total de petrodiesel consumido pela frota de ônibus no Rio de Janeiro, aplicando-se a metodologia do cálculo das emissões de CO_2, obtemos os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 – Resultados do uso da metodologia para as emissões de CO_2 do petrodiesel

Ano	Consumo de petrodiesel m³	Consumo de energia (TJ)	Quantidade de carbono (GgC)	Quantidade de carbono fixo (GgC)	Emissões de carbono líquido (GgC)	Emissões reais de carbono (GgC)	Emissões reais de CO_2 (GgC)
2005	4.842	172	3	0,00	3	3	13
2006	4.924	175	4	0,00	4	3	13
2007	4.916	175	4	0,00	4	3	13
2008	13.348	474	10	0,00	10	9	35
2009	13.180	468	9	0,00	9	9	34
2010	12.879	457	9	0,00	9	9	34
2011	13.570	482	10	0,00	10	10	35
2012	13.683	486	10	0,00	10	10	36
2013	14.174	503	10	0,00	10	10	37
2014	18.378	653	13	0,00	13	13	48
2015	20.130	715	14	0,00	14	14	52
2016	18.923	672	14	0,00	14	13	49
2017	23.442	832	17	0,00	17	17	61
2018	26.664	947	19	0,00	19	19	69
2019	29.951	1.063	21	0,00	21	21	78
2020	30.275	1.075	22	0,00	22	21	79
2021	30.600	1.086	22	0,00	22	22	80
2022	30.924	1.098	22	0,00	22	22	81
2023	31.248	1.110	22	0,00	22	22	81
2024	31.573	1.121	23	0,00	23	22	82
2025	47.846	1.699	34	0,00	34	34	125
2026	48.333	1.716	35	0,00	35	34	126
2027	48.819	1.733	35	0,00	35	35	127
2028	49.306	1.751	35	0,00	35	35	128
2029	49.793	1.768	36	0,00	36	35	130
2030	67.039	2.380	48	0,00	48	48	175

Fonte: Adaptado da Fetranspor (2018)

Tabela 4 – Resultado do uso da metodologia para as emissões de CO_2 do biodiesel

Ano	Consumo de petrodiesel m³	Consumo de energia (TJ)	Quantidade de carbono (GgC)	Quantidade de carbono fixo (GgC)	Emissões de carbono líquido (GgC)	Emissões reais de carbono (GgC)	Emissões reais de CO_2 (GgC)
2005	5.380	178	4	1	2	2	8
2006	5.471	181	4	1	2	2	8
2007	5.462	181	4	1	2	2	8
2008	14.831	492	10	4	6	6	21
2009	14.645	486	10	4	6	6	21
2010	14.310	475	9	4	6	6	21
2011	15.077	500	10	4	6	6	22
2012	15.204	504	10	4	6	6	22
2013	15.749	522	10	4	6	6	23
2014	20.420	677	13	5	8	8	29
2015	22.367	742	15	6	9	9	32
2016	21.025	697	14	6	8	8	30
2017	26.046	864	17	7	10	10	37
2018	29.626	982	20	8	12	12	43
2019	33.279	1.104	22	9	13	13	48
2020	33.639	1.116	22	9	13	13	48
2021	34.000	1.127	22	9	13	13	49
2022	34.360	1.139	23	9	14	13	49
2023	34.721	1.151	23	9	14	14	50
2024	35.081	1.163	23	9	14	14	50
2025	53.162	1.763	35	14	21	21	76
2026	53.703	1.781	35	14	21	21	77
2027	54.244	1.799	36	14	21	21	78
2028	54.784	1.817	36	14	22	21	79
2029	55.325	1.835	36	15	22	22	79
2030	74.488	2.470	49	20	29	29	107

Fonte: Preparado pelo autor (2018)

A partir dos cálculos acima, foi obtido o resultado total de 1.819.215 toneladas de CO_2 emitidas para consumo do petrodiesel e 1.114.595 toneladas para consumo do biodiesel, como demonstrado na Tabela 5 abaixo:

Considerando que a frota rodoviária aumentará gradualmente o consumo de biodiesel, espera-se que deixem de ser emitidas 704.620 toneladas de CO_2 e as emissões de diesel seriam reduzidas em 38,73%.

Tabela 5 – Redução nas emissões pelo uso do biodiesel

Tonelada CO_2			
Ano	**Emissões de petrodiesel**	**Emissões de biodiesel**	**Emissões evitadas**
2005 - 2016	398.196	243.967	154.230
2017 - 2030	1.421.018	870.628	550.390
2005 - 2030	1.819.215	1.114.595	704.620

Fonte: Preparado pelo autor (2018)

7. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O uso do petrodiesel como uma fonte de energia tem se expandido globalmente, e o Brasil não é diferente, aumentando as emissões de gases do efeito estufa. Esta expansão é intolerável no longo prazo, levando-se em conta os problemas ambientais, econômicos e sociais. Na vanguarda do uso da energia renovável, no Brasil o percentual de uso chega a 46%, enquanto no resto do mundo esse percentual responde por apenas 12,9% (PEREIRA et al., 2012).

O sistema de transporte, em especial os ônibus urbanos, permanece extremamente dependente do petrodiesel. Os governos estão trabalhando junto às empresas para reduzir as emissões de gases do efeito estufa e o impacto ambiental da atividade. O Brasil fez progresso ao estabelecer políticas públicas para aumentar o uso de fontes renováveis sem desestabilizar o crescimento econômico, bem como contribuindo para os problemas da mudança climática, em especial no campo da energia.

O ponto principal discutido neste artigo é o uso do biocombustível como uma forma de reduzir as emissões de gases do efeito estufa e mitigar os impactos ambientais causados pelo transporte dos ônibus urbanos no Rio de Janeiro.

Considerando os cálculos apresentados neste trabalho, quando o biodiesel é adicionado ao petrodiesel, as emissões de CO_2 diminuem em aproximadamente 39%, levando em conta os percentuais de consumo analisados.

No final de 2017, o Brasil começou a usar 8% de biodiesel em sua mistura de diesel e começou a ter o mais alto percentual de mistura de biodiesel-diesel do mundo.

Como resultado, a substituição do petrodiesel pelo biodiesel leva a uma redução significativa na emissão dos gases que causam o efeito estufa. Contudo, mais do que reduzir a emissão de gases do efeito estufa a níveis seguros, as políticas públicas pretendem expandir

o transporte multimodal, reestruturando a rede rodoviária, a regulamentação e a supervisão do transporte, e o financiamento da infraestrutura que também são necessários.

Além disso, as políticas do transporte sustentável são necessárias para encorajar o investimento em modais de transporte não poluentes (com ou sem emissões de gases do efeito estufa), para melhorar o planejamento rodoviário com a redução do tempo de frete do transporte e os ganhos econômicos dos passageiros para as empresas (custos do transporte), e uma economia de energia, que está diretamente relacionada à emissão de gases do efeito estufa.

Como um trabalho possível, é recomendado realizar cálculos dos níveis de emissão das diversas sementes oleosas encontradas no Brasil e que são usadas na produção do biodiesel, para verificar as possíveis diferenças entre essas sementes. Além disso, a análise do sistema de transporte como um todo.

8. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, Estatísticas do Biodiesel, 2018. Available at: http://www.abiove.org.br/.

Altin, R., Cetinkaya, S., Yucesu, H.S., 2001. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. Energy Convers. Manage. 42, 529-538.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2018. Estatística sobre o consumo de óleo diesel no Brasil e as importações. Rio de Janeiro.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016. Boletim do Biodiesel. Available at: http://www.anp.gov.br/.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. Boletim Trimestral de Preços e Volumes de Combustíveis – Edição n° 4 – Março/2020http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/btpvc/boletim-trimestral-4.pdf

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos, 2018. Sistema de informações da mobilidade urbana. Available at: http://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf

APROBIO - Associação do Produtores de Biodisel, 2016, Cenários para o biodiesel em 2030, Availableat: http://aprobio.com.br/

APROBIO. Associação do Produtores de Biodisel, 2020: Trends for the biodiesel market in 2020. Available in https://aprobio.com.br/noticia/tendencias-para-o-mercado-de-biodiesel-em-2020.

ARAÚJO, M.P.S., 2013. Análise dos Fretes Praticados pelos Transportadores Rodoviários de Carga, M.Sc. Thesis, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

BBC News, 2019. The 15 countries that have emitted the most CO_2 in the last 20 years (and where Brazil stands). Availableat: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50811386

BEN – Balanço Energético Nacional, 2017. Available at: https://ben.epe.gov.br/

CNT – Confederação Nacional dos Transportes, 2020. Boletim unificado 2020. Availableat: https://www.cnt.org.br/boletins.

DOE – U. S. Department of Energy, 1998. Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus. Availableat: http://www.energy.gov/.

FETRANSPOR - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro, 2018, Resumo do sistema de transporte por ônibus no município do Rio de Janeiro – 1984 a 2016, Availableat: www.fetranspor.com.br

GUTIÉRREZ FRANCO, Édgar; CADENA MONROY, Ángela Inés; MONTOYA, Jairo PALACIOS, Fernando, 2011. Metodología de optimización para la toma de decisiones em la red de su ministro de biodiesel em Colombia. Cuad. admon.ser.organ. Bogotá (Colombia),24 (43), pp.59-87.

IEA – International Energy Agency, 2017. CO_2 emissions from fuel combustion. Available at: http://www.iea.org/

IEA – International Energy Agency, 2020. Global Energy Review. Available at: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-CO2-emissions-in-2020.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change Greenhouse, 1996. Gas Inventory Reference Manual, chapter 6.

MA, F.; HANNA, M.A., 1999. Biodiesel production: a review, Bioresour. Technol. 70, 1-15.

MME – Ministério das Minas e Energia, 2018. Dados estatísticos, Brasília. Available at: http://www.mme.gov.br/mme.

MURTA, A. L. S., FREITAS, M. A. V., CO_2 Emissions Avoided Through the use of Biodiesel in the Brazilian Road System, International Journal of Energy Economics and Policy, 2018

NOGUEIRA, L.A.H., 2011. Does biodiesel make sense? Energy 36, 3659–66.

PEREIRA, M.G., Camacho, C.F., Freitas, M.A.V., Silva, N.F., 2012.The renewable energy market in Brazil: current status and potential; Renewable Sustainable Energy Rev. 16, 3786– 3802.

PINTO, R.R.C. et. al., 2001. Caracterização do Biodiesel para uso automotivo. Anais do Seminário AEA de Biodiesel, São Paulo.

UDOP - UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA, 2020. Indústria de biodiesel do Brasil sofre com pandemia, é pressionada a mudar contratos. Available at: www.udop.com.br

UN – United Nations. UNDP - United Nations Development Programme, 2018. Available at: http://www.onu-brasil.org.br/.



THE USE OF BIODIESEL TO REDUCE CO_2 EMISSIONS CAUSED BY THE URBAN BUS FLEET OF RIO DE JANEIRO

Aurelio Lamare Soares Murta
UFF

RESUMO

Há vários anos, o uso do petróleo para movimentar veículos, transportar pessoas, gerar energia e outras atividades necessárias à vida social tornou o mundo muito dependente desse insumo. Dentre os combustíveis alternativos estudados, temos o biodiesel, combustível obtido pelo processo de transesterificação de óleos vegetais ou gorduras animais, que se tornou um potencial substituto do óleo diesel de petróleo. Entre as vantagens do uso desse combustível, destacam-se: ser renovável, reduzir a dependência do país do petróleo e ter menores índices de emissão de gases de efeito estufa do que o diesel de petróleo (petrodiesel). Dentre esses gases destaca-se o CO_2, que contribui para o aquecimento global e será o alvo deste estudo. Com base nos cálculos efetuados e levando-se em consideração o consumo de petrodiesel no Rio de Janeiro, pretende-se quantificar as emissões decorrentes de seu uso até 2030 na frota de ônibus urbanos da cidade do Rio de Janeiro e, paralelamente, calcular o potencial de redução de emissões com o uso do biodiesel nos percentuais estabelecidos pelo Governo Brasileiro no mesmo período.

Palavras-chave: biodiesel, transporte público rodoviário, emissões de CO_2

ABSTRACT

For several years, the use of oil to move vehicles, transport people, generate energy and other activities necessary for social life, has made the world very dependent on this input. Among the alternative fuels studied, we have the biodiesel, a fuel obtained through the transesterification process of vegetable oils or animal fats, which has become a potential substitute for petroleum diesel. Among the advantages of using this fuel, the following stand out: being renewable, reducing the country's dependence on oil, and having lower rates of greenhouse gas emissions than petro diesel. Among those gases stands out the CO_2, which contributes to the global warming and will be the target of this study. Based on the calculations made taking into account the consumption of petro diesel in Rio de Janeiro, it is intended to quantify the emissions from its use up to 2030 in the fleet of urban buses of the city of Rio de Janeiro and, in parallel, calculate the potential to reduce emissions with the use of biodiesel in the percentages established by the Brazilian Government in the same period.

Keywords: biodiesel, road public transportation, CO_2 emissions

1. INTRODUCTION

The development of internal combustion engines occurred at the end of the 18th century, which had a slow but steady development in the first 100 years. In 1892, Rudolph Diesel received the patent on the compression ignition engine that was fed by coal dust, but the original design was not successful. (MA AND HANNA, 1999).

In 1859 the oil was discovered in Pennsylvania, being used mainly for the production of kerosene. Rudolph Diesel used several petroleum byproducts in his experiments, succeeding in his first prototype of the compression ignition engine in 1895. In Paris in the year 1900, an inventor used peanut oil as fuel for his engine, In Paris in the year 1900, an inventor used peanut oil as fuel for his engine, that was one of the earliest versions of the diesel engine used in diesel engines (ALTIN et al., 2001).

Taking advantage of the low price of oil that lasted until the end of the 20th century, diesel engines and diesel have evolved gradually. There are few references to another source of motor fuel before the 1970s. In the 1930s and 1940s, for example, other sources of energy, such as vegetable oil, were used as fuel only in emergencies. Although this interest in biodiesel, vegetable oils and their derivatives has been renewed due to the increase in the price of oil and also the environmental concern (PINTO et al., 2001).

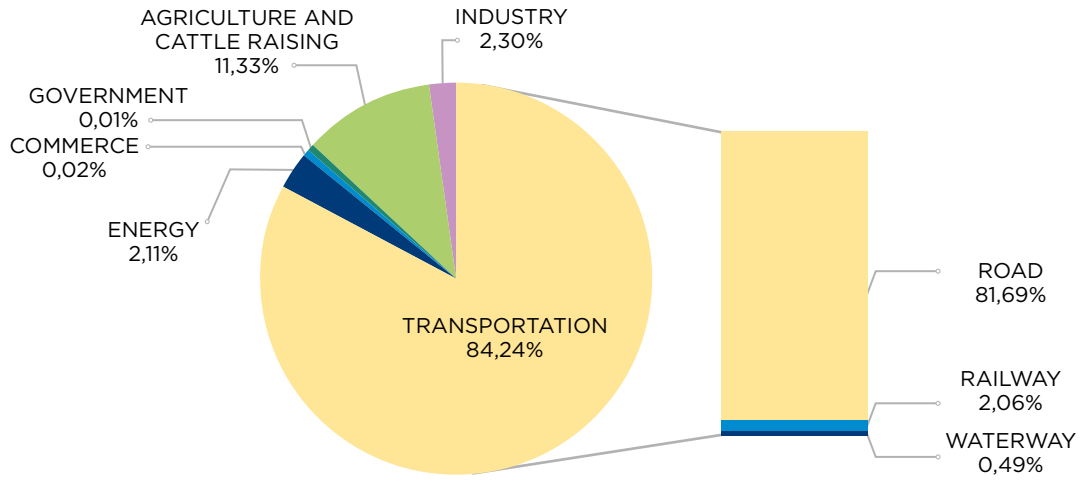
Brazil stands out among the countries interested in the production of alternative fuels to petroleum diesel because of its high potential for biodiesel production. Biodiesel generated through the transesterification of bovine tallow oils or fats or crude vegetable oils such as peanut oil, sunflower oil, castor oil, soybean oil and other Brazilian regional crops, as well as frying oil. Biodiesel is used as part of a blend with petro diesel, it can be used in industrial equipment, agricultural machinery, civil construction, decentralized power units and vehicles used to transport cargo and passengers.

According to (IEA, 2017), transportation represents approximately 50% of the consumption of petroleum products in the world. In Brazil, this number jumps to approximately 84,1% of the final energy consumption of petro diesel, being the main petroleum product imported by the country. Of this percentage, 96,6% are used only for the transportation of passengers and cargo by road (BEN, 2019). Road transport is the main means of transport in the country, accounting for 61,1% of all cargo shipments (CNT, 2020).

Around 86% of passenger travel in collective means of transportation in Brazil were made by diesel buses in 2018. Considering CO_2 emissions, vehicles used by people emit 31 million tonnes of pollutants per year on their journeys. Most (65%) is emitted by automobiles, followed by buses (30%), second (ANTP, 2018).

Figure 01 below presents petro diesel consumption in each economic sector in Brazil:

Figure 1 - Diesel consumption in each sector



Source: Adapted from BEN (2019)

In public passenger transport, this situation is still more dependent on road transport, since most of the large Brazilian cities do not have alternative transportation systems with sufficient capillarity to serve the population. As a consequence, the largest Brazilian cities have high rates of polluting gases and high concentrations of CO_2 from the use of diesel for transportation.

According to INEA (2020), in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro in 2018, 77% of the atmospheric emissions came from vehicular sources, including the public road passenger transport fleet.

Brazil has found in biodiesel an energy alternative to petroleum diesel reducing CO_2 emissions and environmental impact since biodiesel is a source of renewable energy, also reducing dependence on diesel oil and increasing energy security in the country.

2. PUBLIC AND ROAD TRANSPORTATION IN BRAZIL

In Brazil it is expected that the automotive market will continue to expand for the next twenty years, aggravating environmental problems such as increasing greenhouse gas emissions and infrastructure problems such as highway conditions, urban mobility and cargo transportation (CNT, 2017).

Most of the greenhouse gases come from the industries that need energy for industrial production and the burning of fuel needed for the transportation of passengers and cargo by road.

In Brazil, 61.1% of the loads are transported by roads, showing a huge dependence on the Brazilian economy of this modal. In recent decades the country has been suffering from infrastructure problems because it cannot keep roads in good condition due to the size of the road network and the large number of vehicles on the roads, thus affecting the logistics of freight and passenger transportation. Knowing this, the main challenge in terms of infrastructure is to achieve greater efficiency through intermodal integration (CNT, 2017).

According to ANP (2018), those problems hurt several economic sectors, such as agriculture, livestock and mining, thus complicating the whole system of transportation and sale of goods produced. Roads should not be the main alternative for long distance transport very common in a country with continental dimensions and geographic features like Brazil. In order to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions, as well as reduce the costs of companies and industries with the transport of their goods and products, it is necessary to invest in the creation of a more balanced system with a greater participation of railroads and waterways in logistic transport.

PNLT (2012) outlined the country's need to reduce the volume of cargo transported by road and invest in transport modes with less impact on the environment. According to the PNLT, the strategy to eliminate the bottleneck found on Brazilian roads, the country needs to increase the participation of railroads in the transportation system from 25% to 32% and waterways from 13% to 29% in 20 years. Transport through pipelines and air transport should also increase their share to reach 5% and 1%, respectively, thus reducing the share of roads from 61.1% to 33%.

However, given the importance of roads in the country, being used for the transportation of cargo and passengers. In addition, past governments have scrapped the infrastructure of other forms of transportation, encouraging the expansion and use of roads.

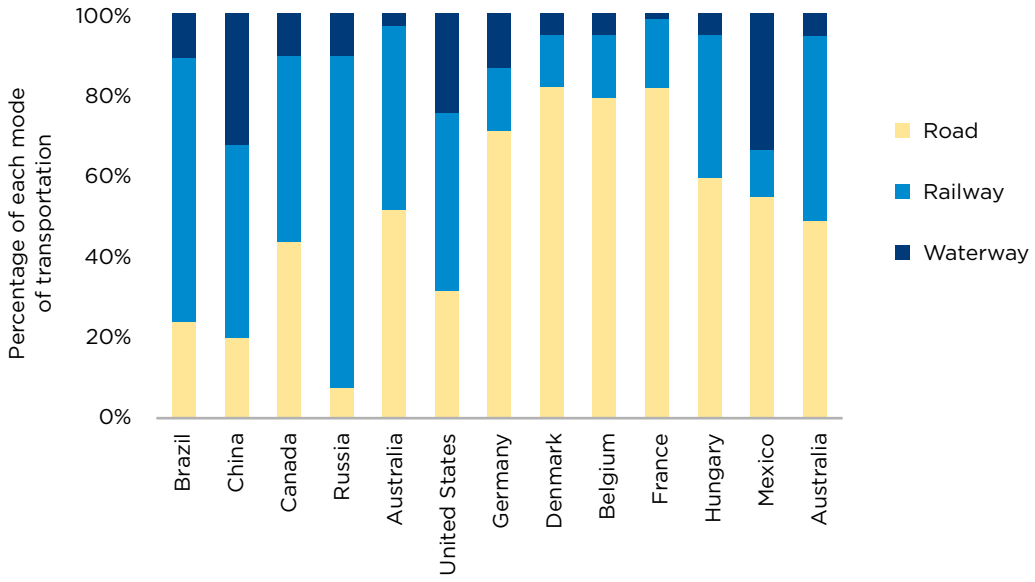
In Brazil the transport system has the participation of roads, railways and waterways expressively different from other countries of similar geographical dimensions. According to what was previously mentioned, the percentage of the transported loads by highways in Brazil is extremely high in relation to the other means of transportation.

Figure 2 below shows the participation of different countries in the transportation of cargoes by roads, railways and waterways.

It can be seen that countries with large territories with the exception of Brazil, the road has a smaller role in the transport system giving preference to the use of railways.

We can also see from the chart that countries with the smallest territory use mainly roads as the main means of transportation, the same is seen in Brazil, even the road is not the most efficient medium for a larger country.

Figure 2 - The use of different modes of transport in other countries (tonne x km)

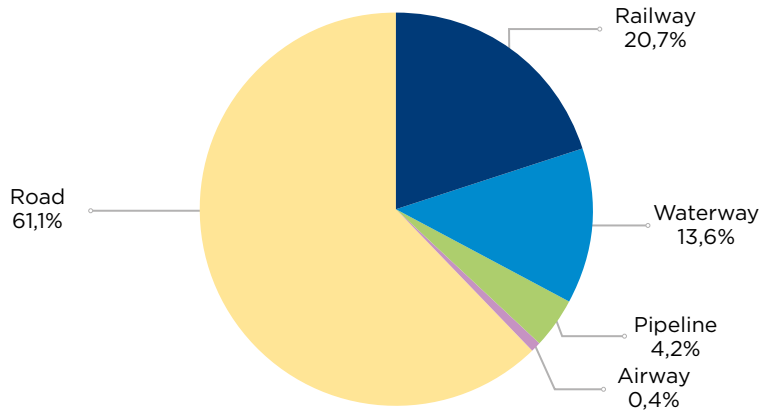


Source: Adapted from CNT (2018)

Those circumstances may be a result of the low value of road freight, making multimodal transport impractical and thus discouraging the use of other modes of transport. Taking into account the costs incurred in freight transport, the value applied to freight is very low, which impairs the efficiency of the sector and prevents the expansion of other modes of transportation such as waterways and railways negatively affecting society as a whole.

As a result, we can see that the biggest obstacle to the transportation system in Brazil is the imbalance between road transport and other modes. While countries with continental dimensions such as China, Canada, Russia and the United States use mainly railroads and waterways for transportation, Brazil continues to use the highways, even though it is not the most viable means of transportation, as shown in figure 3.

Figure 3 – The Brazilian cargo transportation



Source: Adapted from CNT (2020)

According to CNT (2020), about 61.1% of the total cargo was transported by road in 2020, totaling an increase of 5.1% compared to 2009.

Railways, besides being safer, are capable of carrying larger and heavier loads when compared to road transport. However, road transport is the preferred way of transporting small loads, where the sender only needs to fill a truck before transporting the load, unlike the railways where, before transportation, an entire wagon must be filled. Road deliveries are reasonably faster and more reliable for LTL (less than truckload) shipments (MURTA et. al, 2018).

Therefore, road transport is the best choice to transport industrial products of high or medium value and small volume over short distances. However, due to the low price of road freight and the lack of investment in other means of transport in Brazil, roads continue to be the main means of transportation for commodities, such as soybeans, petroleum products and cement.

According to Araújo (2013) the preference for road transportation in Brazil is a result of the low freight rates paid, which do not cover the real cost of the activity. To try to minimize this difference transport operators try to obtain more contracts at the cost of the rapid depreciation of vehicles used for this purpose.

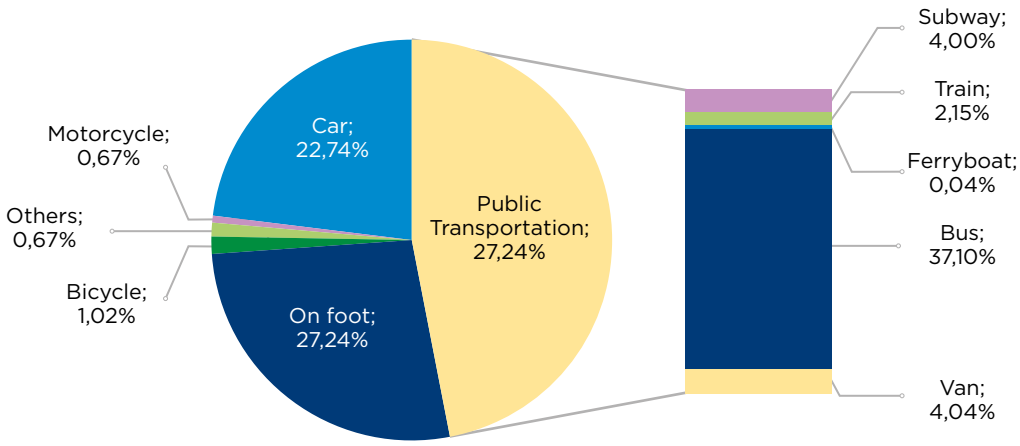
Murta et al. (2018) states that roads are the second most fuel-consuming mode of transportation, second only to air transport. Consequently, the great use of road transport contributes significantly to the high consumption of diesel in Brazil.

2.1. Public transport in Rio de Janeiro

Because of the great geographical dimension and integration with the cities that make up the metropolitan region, the population of the city of Rio de Janeiro needs to make large daily commutes to carry out its daily activities.

Those movements are mostly carried out by the public passenger transport system, followed by the displacement by means of private vehicles and other means of transport. It should be pointed out that the urban bus system accounts for about 37,1% of all trips made in the cities, followed by individual transport with 22,74% which demands large quantities of fossil fuels for their operation, as may be can be seen in figure 4.

Figure 4: Displacement characteristics in the City of Rio de Janeiro



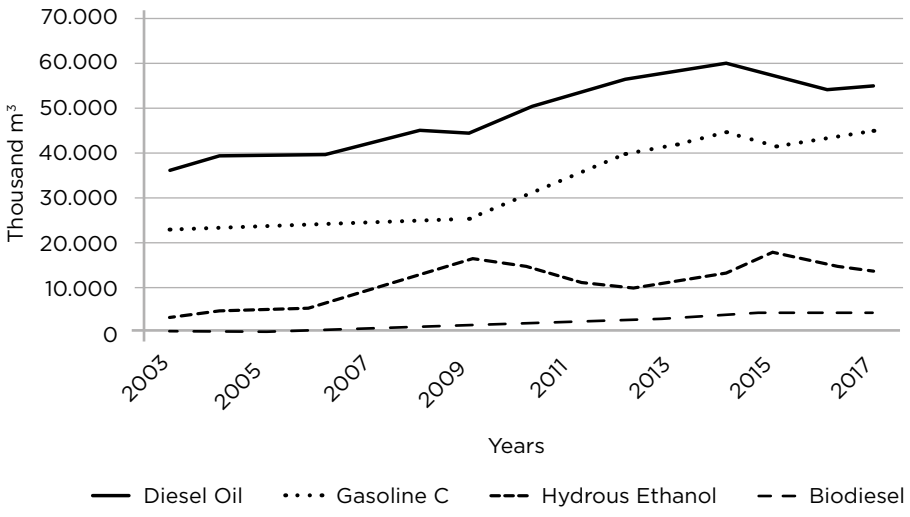
Source: PMUS (2019)

This dependence of about 59.84% of all displacements by road transport vehicles contributes significantly to the worsening of air quality and to the increase of emissions of greenhouse gases, especially carbon dioxide.

2.2. Fuel consumption

With the growth of the fleet of vehicles another branch of the market has developed: the fuels. Figure 5 shows that between 2003 and 2017 petro diesel was the most consumed fuel, although it has shown a drop in consumption that can be observed from 2015 to 2017. The Biodiesel began to be added to petro diesel in 2005, its most important product.

Figure 5 - Automotive fuel consumption in Brazil



Source: Adapted from ANP (2018)

Petro diesel is mainly used by trucks, buses, light commercial vehicles or automotive. Its consumption began to decrease in 2010 (11.15%) and 2011 (6.14%), most probably due to the use of intelligent vehicles for the transportation of cargoes and the increase in the participation of the airways in the transportation of passengers and cargo. Throughout this period, gasoline consumption oscillated. Decreased until 2003, probably due to lower production of ethanol vehicles. In 2006 it declined, growing again in 2007. In 2009, it decreased due to the growth in ethanol consumption. At the end of 2009, flex-fuel vehicles, capable of running on both gasoline and ethanol, arrived in the Brazilian market, causing ethanol prices to rise, thus reducing demand. With the drop in ethanol supply in 2011 the consumption of gasoline has grown again. In turn, ethanol has also undergone gasoline-like fluctuations. This year, 2020, with the pandemic, in March, withdrawals from distributors were 902% of the estimated for the two-month period in March / April and some of the distributors alleged “force majeure” reasons for not paying the fines for non-compliance with the minimum withdrawal of 95 % as stated in the contract (UDOP, 2020).

Petro diesel production grew by 4.65% in 2013, a significant increase compared to 2012 reaching almost 59 billion liters. From 2016 to 2017 the growth was almost 1% with a consumption of 54.8 billion liters (ANP, 2018). In 2019, fuel oil fell from 2.312 billion liters to 1.890 billion liters, a decrease of 18.25%, due to the technological substitution process for cleaner fuels (ANP, 2020). fuel distributors arrived in November 2020 selling 5.2 billion liters of diesel oil, a volume 7% higher than that recorded in the same month of the previous year. It was the first time, since the beginning of the pandemic, that the mark of the previous year was overtaken.

From those data, that the sale of vehicles increases, as well as fuel consumption, contributing to the economic development of the country. However, this situation of increasing demand and production also involves negative aspects, such as the growth of air pollution emitted by those vehicles. According to the Ministry of the Environment, the transport sector has become the biggest polluter of urban centers due to the displacement of freight transportation throughout the country.

For public passenger transport, according to ANTP (2016), the Brazilian population consumes about 13.6 million TEP (Equivalent Tonnes of Petroleum) per year in their movements. Most of this energy (71%) is spent on car use. Public transport accounts for 24% of energy consumption. Recalling that the car accounts for only 29% of total travel, this mode consumes 71% of the total energy consumed in urban mobility.

The urban bus system of the City of Rio de Janeiro has been experiencing significant increases in total diesel oil consumption. In 1990 the total fleet consumption was about 202 million liters of diesel. Over the next ten years, consumption increased by an average of 4.40% to around 285 million. From 2000 to 2010 there was a slight decrease in average consumption of about 0.92% and from 2010 to 2016 there was again an average increase of around 0.52%, according to Fetranspor (2017).

According to Fetranspor (2020), it was estimated that from 2010 to 2020 there was an average increase in diesel consumption of around 1.29% in the urban bus system of the city of Rio de Janeiro, in the absence of changes the urban mobility profile of the municipality.

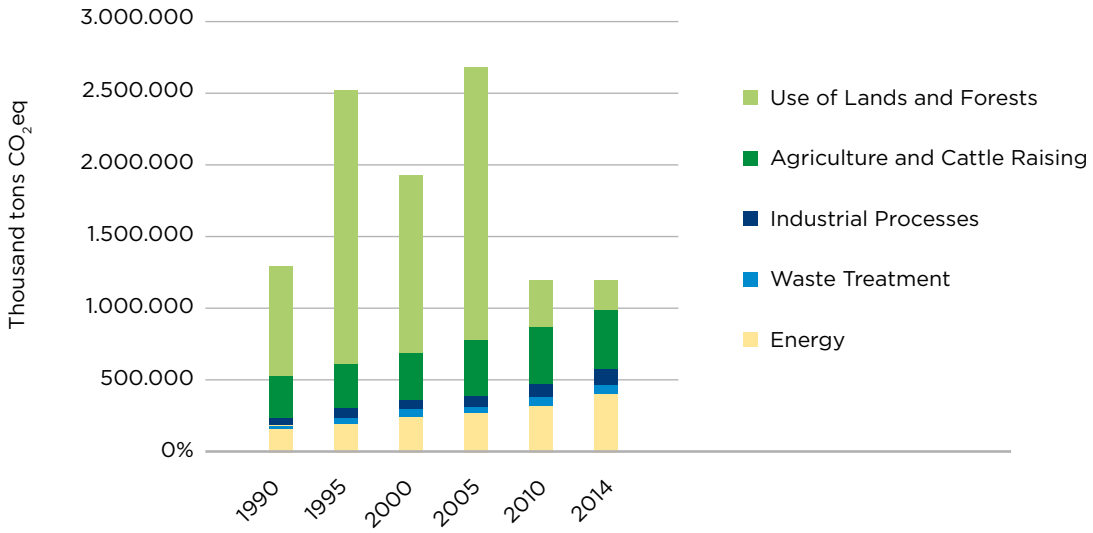
3. GREENHOUSE GAS PRODUCED BY TRANSPORTATION

In 2015 and 2016 the increase in CO_2 in the atmosphere was almost 3 ppm, reaching a total concentration of 402.8 ppm in 2016. In the same period CO_2 emissions from fossil fuel remained approximately constant. In 2015 CO_2 emissions were smaller, but more variable, due to the change in land use, due to the increase in the number of fires and deforestation. CO_2 emissions (fossil fuels, industry and land use changes) grew by 1.1% in 2015 to a total of 41.5 billion tons, and decreased by 2.1% in 2016 (Peters, et. al, 2017). Global energy demand in the first quarter of 2020 declined by 3.8%, or 150 million tonnes of oil equivalent (Mtoe), relative to the first quarter of 2019. Because the pandemic, The drop in global economic activity and mobility during the first quarter of 2020 cut demand for some energy sources. It resulted in a major drop in global CO_2 emissions, surpassing any previous declines. Global CO_2 emissions were over 5% lower in the first quarter of 2020 than in the first quarter of 2019, mainly due to a 8% decline in emissions from coal, 4.5% from oil and 2.3% from natural gas. CO_2 emissions fell more than energy demand. CO_2 emissions declined the most in the regions that suffered the earliest and largest impacts of COVID-19; China (-8%), the European Union (-8%) and the United States (-9%). The milder weather conditions also making an important contribution to the emissions decline in the United States (IEA, 2020).

According to the UN (2014), 78% of the greenhouse gases emitted into the atmosphere are linked to the burning of fossil fuels, including transport-related activities and industries. Air quality directly influences people's health because it causes respiratory diseases and decreases the quality of life. For example, a person born in São Paulo has a life expectancy of 3.5 years lower than another living in Curitiba. The burning of fossil fuels also causes financial losses, reducing the interest in investing in the country (MME, 2018).

According to the national inventory on greenhouse gas emissions, in Brazil the activities with the highest emission levels are deforestation, agriculture and livestock. Figure 6 shows the emission levels of each productive activity. The industrial processes category includes the automotive and transportation sectors (MME, 2018).

Figure 6 - Emission of greenhouse gases over the years in Brazil



Source: Adapted from MME (2018)

Air pollution found in urban centers is caused by light (or automotive) vehicles; and it is also related to road freight transport. In Brazil, as in other countries, the transportation network depends mainly on roads.

According to the SNEA (2011), if compared to other countries, Brazil has a low emission of polluting gases, in the last 40 years Brazil and China have increased their emissions of fuel combustion. Although, Brazilian emissions increased from 91 to 360 Mt CO_2 per year (300%) in 2009, Chinese emissions increased at an alarming rate from 809 to approximately 8,000 Mt CO_2 (888%) in this period. In fact, in 2007, China overtook the United States and became the largest emitter of carbon dioxide on the planet, a position it holds today.

Then, in 2016 and 2017, emissions in Brazil were falling (0.4% in 2016 and 4.2% in 2017). However, in 2019 and 2020 they grew a lot due to the explosion in deforestation in the Amazon and the Cerrado (SEEG, 2020). In time, Brazil was one of the biggest responsible for emissions in Latin America, in 2018. The country emitted about 5% of what China launched into the atmosphere this year (BBC, 2019).

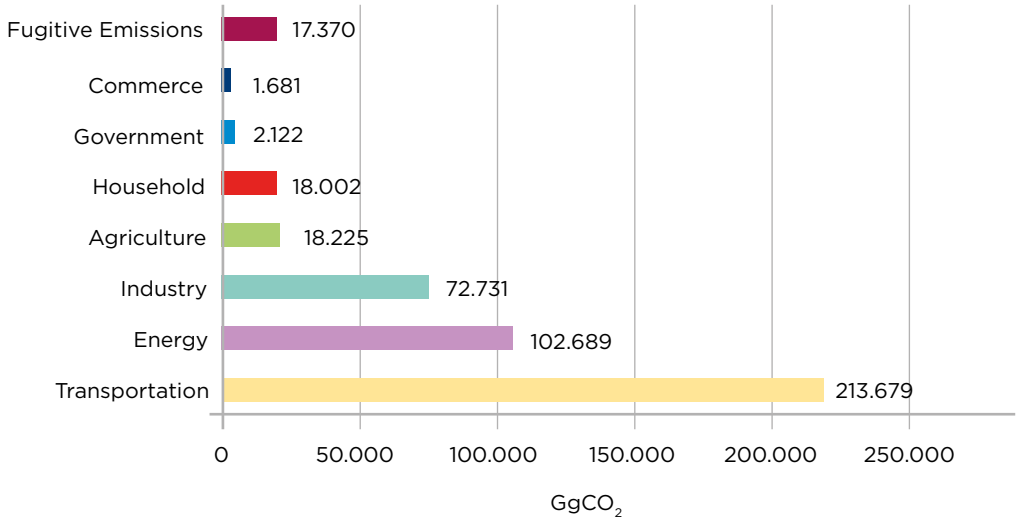
This difference in the emissions of the two countries can be explained by two factors. The first is the growth rate of your GDP in the last decade. Over the past 40 years, Brazil has maintained an average growth rate of 3.83% per year, while China has grown by an incredible 9.04% per year.

The second factor that influences the difference in the emission of the two countries is the energy matrix, while 46% of the Brazilian matrix is made up of renewable energy, China uses only 0.5%. The largest share of China's energy production comes from coal, which is the largest potential for greenhouse gas emissions among all energy sources.

In 2011 according to BEN (2017) of the total amount of emissions equal to (192.0 Mt CO_2eq) from the transportation sector, 395.8 Mt CO_2eq were caused by human activity. Even with the growth of the automotive fleet in the country, the CO_2

emission was 0.16 kg CO_2 / US $ in 2011, which is two times less carbon-intensive than United States economy, 1.4 times smaller than the European economy and 2.8 less than the Chinese. Figure 7 shows the emissions of each sector in Brazil.

Figure 7 - The total CO_2 emissions in each sector in Brazil



Source: Adapted from MME (2018)

Based on the data and information we can see in the figure above due to the growing Brazilian fleet of vehicles, it is expected an increase in energy demand and in the emissions CO_2 gases. In order to keep emissions under control without affecting the growth of the industrial sector, it is necessary to invest in renewable energy sources, which has less potential for the emission of gaseous pollutants, in particular the biofuels used in transport and the biomass that can be used for both power generation and industrial purposes.

The vehicles used individually in Brazil emit 528 thousand tons of local pollutants per year in their displacements. The majority (59%) is issued by automobiles, followed by buses (21%), according to ANTP (2017).

As already mentioned, in the Rio de Janeiro Metropolitan Region, composed of 19 municipalities, about 77% of atmospheric emissions are caused by the use of vehicles in general, while the remaining 23% come from the petrochemical, naval, chemical, food sector and energy transformation.

4. THE USE AND PRODUCTION OF BIODIESEL IN BRAZIL

Biofuels can be used to partially or totally replace fuels derived from petroleum or natural gas in engines and power generators, they are produced from animal fat or vegetable oil chemically reacted with alcohol and can be added to petro diesel in various proportions. In Brazil, the main biofuels are ethanol extracted from sugar cane and biodiesel (MURTA et al., 2018).

The participation of biodiesel in Brazil's energy matrix has been growing every day, supported by the theory that it is capable of replacing petro diesel in all its applications. Thus, biodiesel has been introduced in specific markets to ensure the efficiency of its expansion.

According to Pereira et al. (2012), the consumption of biodiesel can be divided into two markets: stationary power generation and motor vehicles. The first is for the generation of energy for specific purposes or to meet remote locations or areas where supply failures. The amount of energy generated is not significant, but represents considerable savings in transportation costs and, more importantly, promotes citizenship and social inclusion for local communities.

The automotive market is divided into two groups, the first being driven by large consumers with limited geographical circulation: urban transport companies, rail and waterway transport, among others. The second is the sale of fuel in regular stations, related to the transportation of interstate and passenger cargo, and consumers in general. It is important to highlight that in Brazil biodiesel is mainly used as fuel for vehicles, leaving the use for secondary energy generation.

Law 11097 of 2005 established the National Program for the Production and Use of Biodiesel (PNPB) with the purpose of encouraging small producers and fostering socioeconomic development. Additional rules were later included in the program, indicating that a mixture of 2% biodiesel (B2, composed of 2% biodiesel and 98 diesel) would become mandatory as of January 2008, a percentage that increased in July 2008 (for 3%) and July 2009 (to 4%). It was originally established that the blend would be 5% biodiesel as of January 2013, but this increase came into effect in January 2010. The government also determined that the percentage of biodiesel in the blend would reach 6% in July 2014 and 7% between November 2014 and February 2017. As in March 2017, the blend became 8% (MME, 2018). In the end of 2019, it was 10%, aiming to reach 15% (B15) in 2023 (Aprobio, 2020).

Although MME (Aprobio, 2020), the percentage of biodiesel in the blend with diesel increased to 9% in 2018 and to 10% in 2019. Well after Colombia where, already in January 2008, the commercialization of the mixture of biodiesel to diesel started of oil was in the proportion of 5% (B5), and an increase in the proportion of the 10% mixture (B10) in 2010 (Gutiérrez Franco, 2011).

By 2025, the percentage in force should be 15% in Brazil and in 2030 it will increase to 20%, which will demand higher productive quantities of this biofuel. According to estimates by APROBIO (2020), biodiesel production is expected to reach 18 billion liters by 2030 and diesel consumption is expected to reach 90 billion liters.

In 2015, the National Petroleum Agency had 53 biodiesel production plants with operating licenses, with a total production capacity of 20,366.10 m3 / day. The biodiesel plants are distributed geographically most in the Southeast region. The central-west and south regions concentrate 85.37% of Brazilian biodiesel production (ABIOVE, 2018).

In reaction to the burning of fuel, oilseed planting and biodiesel production are much less energy demanding than fuel burning, leading to highly positive energy balances. The transformation of biodiesel into energy is done in a closed carbon cycle. The carbon dioxide resulting from the burning of the fuel is absorbed through photosynthesis (PEREIRA et al., 2012).

Due to the synergy between the oleaginous complex and ethanol, the ethanol production needs to be intensified. Ethanol is used in the production of biodiesel by transesterification of ethyl, increasing the demand for ethanol. Therefore, the biodiesel market promotes the development of the sugar and alcohol industry, generating new investments in the sector.

In order to increase the economic viability of biodiesel production, its by-products (bagasse, bran, glycerin and lecithin) need to be studied and developed.

Many plants in Brazil are able to produce biodiesel from oilseeds like peanuts, babassu, sunflower, castor oil, palm and soy. Those sources of raw material can be found in several regions of Brazil, in each region there is a specific source. According APROBIO (2016), in Brazil, biodiesel is mostly produced from soybean oil (77%), beef tallow (18%) and others (5%).

Plantations are very common in South America, largely because they do not need to clear new areas for planting. They are widely used in the production of biomass as a source of vegetable oils, which indicates that the production capacity of biodiesel can be extended without harming the environment.

Biodiesel is in great demand in urban areas, highways, railways, waterway transportation of cargo and passengers, stationary engines and power generators. As for the supply to meet all this demand, many oleaginous plantations are not used for the production of biodiesel. Among the various raw materials for the production of biodiesel, palm oil stands out for its high yield per hectare (PEREIRA et al., 2012).

Table 1 shows the biodiesel production capacity per planted hectare of the main oilseeds found in Brazil. Although it is not the one with the highest yield per hectare, soybean oil stands out for its organization and competitiveness, aiming at exports, and is currently the most used raw material for biodiesel production in the country.

Table 1 - The potential of biodiesel production through oilseeds in Brazil

CROP		Oil Content (%)	Agricultural Yield (ton/ha)	Oil Yield (Litro/ha)
Common Name	Scientific Name			
Sesame	Sesamum indicus	38-40	0.8	1200-620
Sunflower	Heltantus annus	39-48	1.5-2.0	2510-2100
Castor	Ricinus comunis	42-045	0.6-2.5	450-270
Peanut	Arachis hipogaea	39-48	1.4-2.5	1680-950
Palm	Elaets guineensis	18-26	10.0-22.0	5900-3000
Soybean	Glyctne max	17-20	1.5-3.0	1000-700
Rapeseed	Brassica napus	37-46	1.7-2.0	1100-690
Cottonseed	Gossyptum hirsutum	16-18	1.7-3.0	700-490
Jatropha	Jathopha curcas	24-26	1.0-5.0	520-350
Coconut	Cocos nucifera	52-60	1.0-5.0	1100-700

Source: Nogueira (2011)

According to ANP (2018), initiatives such as the National Program for the Production and Use of Biodiesel (PNPB), which aim to increase the supply of biodiesel in Brazil, incite a greater market demand for biofuels and stimulate private investments in the sector. The PNPB admits that the economic investment to spread the use of biodiesel in the country are related to the growth of the domestic market and the conquest of the international market. For enterprises to work efficiently, public policies must provide the necessary conditions for companies to work efficiently, fostering social inclusion and the development of all regions, in accordance with the broader concept of sustainability. In this sense, the great potential of Brazil is divergent, considering that its market share is still small comparing with Germany and the United States, as shown in Table 2 below.

Table 2 - world biodiesel production: MME

Produção de biodiesel e parcela do mercado internacional			
Position	**Countries**	**Ton (Million)**	**%**
1	USA	4,113	14.4
2	Germany	3,352	11.7
3	Argentina	3,074	10.8
4	Indonesia	2,936	10.3
5	Brazil	2,567	9.0
6	France	2,360	8.3
7	The Netherlands	1,720	6.0
8	Spain	1,212	4.2
9	Thailand	1,009	3.5
10	Poland	739	2.6
11	Malaysia	696	2.4
12	Italy	580	2.0
13	China	400	1.4
14	Belgium	374	1.3
15	South Korea	358	1.3
	Others	3,059	10.7
	World	28,549	100.0

Source: MME (2018)

5. METHODOLOGY FOR CALCULATING THE REDUCTION CO_2 EMISSIONS

In the agribusiness sector, decisions that are supported by mathematical programming models mainly includes: strategic decisions, with the aim of maximizing production agribusiness and to preserve the environment (GUTIÉRREZ FRANCO, 2011).

For the calculation of the CO_2 reduction emitted by the use of biodiesel in the Brazilian road system, the Top Down methodology was elaborated by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 1996) authorizing the application of final fuel consumption of urban buses in the city of Rio de Janeiro (Fetranspor, 2018).

For the calculation of CO_2 emissions, it is crucial to achieve the level of fuel consumption. In the IPCC emissions inventory, consumption corresponds to the amount of fuel consumed by the country.

However, petro diesel will not be replaced by biodiesel at once, biodiesel will be added to the petro diesel following the

government legislation described in item 5 of this article. As a consequence, the calculation of the carbon emissions was made according to the levels of biodiesel blend with petro diesel determined for the years studied.

Once the consumption is discovered, we divide the methodological application into six steps: calculation of energy consumption, calculation of carbon quantity, calculation of fixed carbon quantity, calculation of net carbon emissions, calculation of real carbon emissions and calculation of emissions CO_2 emissions. Those steps are described below and the results will be discussed in the next section.

5.1. Calculation of energy consumption

Since each fuel has a different energy content, the apparent fuel consumption was converted into a common power unit, as shown in Equation 1.

$$FC\ (fuel)\ = AC\ (fuel)\ x\ F_{conv}\ x\ 41.841\ x\ 10^{-3} (1)$$

Where ***FC (fuel):*** Energy consumption of a given fuel [TJ];
AC(fuel): Apparent consumption of a given fuel [m3];
F_{conv}***:*** Conversion factor [tEP/m^3]; 41.841 x 10^{-3} TJ = 1 tEP - Brasil.

This study used 0.848 tep/m^3 as a conversion factor for petro diesel and 0.777 tep/m^3 for biodiesel as determined by BEN (2017) and DOE (1998).

5.2. Calculation of carbon quantity

Like energy, fuel has several amounts of carbon. Using equation 2, the amount of carbon in each fuel was calculated.

$$CQ\ (fuel)\ = FC\ (fuel)\ x\ F_{emission}\ x\ 10^{-3} (2)$$

Where ***CQ (fuel):*** Carbon quantity of a given fuel [GgC];
FC (fuel): Energy consumption of a given fuel [TJ];
$F_{emission}$***:*** Carbon emission factor [tC/TJ].

The present study used 20.20 tC/TJ as the emission factor for petro diesel and 19.88 tC/TJ for biodiesel, according to the IPCC (1996).

5.3. Calculation of fixed carbon quantities

When fuels are not used for energy purposes, some of the carbon remains fixed or stored. In this study, the petro diesel was used for the energetic purpose, therefore the amount of fixed carbon is zero. In biodiesel, the amount of carbon stored in the biomass is 40%.

5.4. Calculation of net carbon emissions

Net carbon emissions are the calculation of the mass between the carbon in the fuel minus the fixed carbon quantity of non-energy uses.

5.5. Calculation of real carbon emissions

When an emission inventory is being developed, not all carbon in the fuel is considered oxidized, since total combustion hardly ever occurs. About 1% of carbon will not oxidize, being incorporated into ashes or other by-products. Consequently, actual carbon emissions are equivalent to 99% of net carbon emissions.

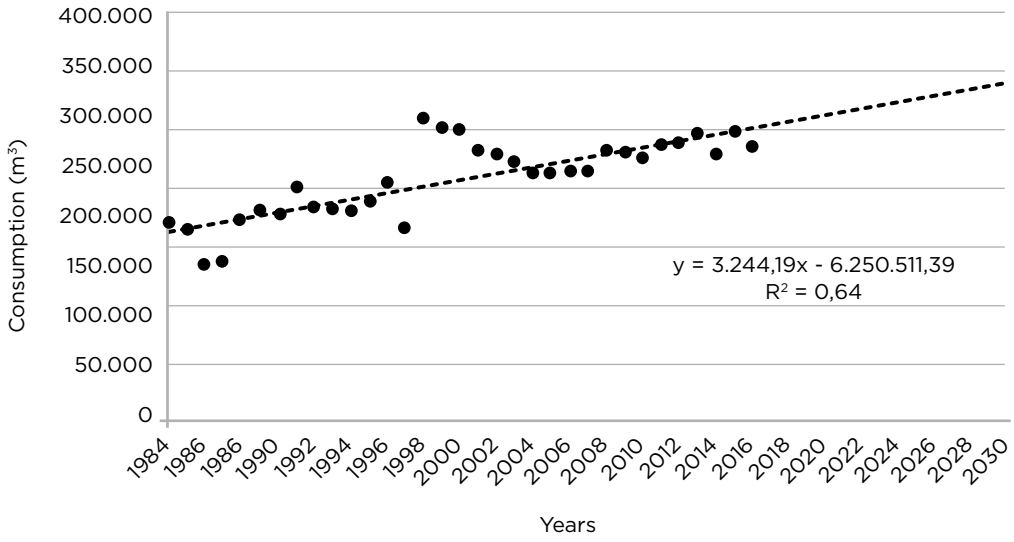
5.6. Calculation of real CO_2 emissions

To calculate actual CO_2 emissions of the actual carbon emissions level were used, taking into account the carbon content of the molecule: every 44 tons of CO_2 12 tons are carbon. Therefore, CO_2 emissions are equivalent to 44/12 carbon emissions.

6. RESULTS

Using data collected by Fetranspor (2018), which are published annually, a projection of the consumption of petro diesel in urban buses in Rio de Janeiro between the years 2017-2030 in relation to the actual consumption from 1984 to 2016 was conceived. To obtain the trend a linear regression was used as shown in Figure 8:

Figure 8 - Growth trend for petro diesel consumption



Source: Adapted from Fetranspor (2018)

Taking into account the values provided by the regression, it was estimated that the levels of biodiesel and diesel taking into account the regulations of the Brazilian government regarding the mixture percentages and the dates in which they come into force.

Therefore, taking into account the volumetric consumption of fuels for the percentages of 2%, 5%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15%, and 20% (for the periods 2005-2007, 2008- 2013, 2014-2016, 2017, 2018, 2019-2024, 2025-2029 and 2030) of the total petro diesel consumed by the bus fleet in Rio de Janeiro, applying the calculation methodology CO_2 Emissions, we get the results presented in tables 3 and 4.

Table 3 - Results of the use of the methodology for petro diesel CO_2 emissions

Year	Petrodiesel consumption m³	Energy consumption (TJ)	Quantity of carbon (GgC)	Quantity of fixed carbon (GgC)	Net carbon emissions (GgC)	Real carbon emissions (GgC)	Real CO_2 emissions (GgC)
2005	4.842	172	3	0,00	3	3	13
2006	4.924	175	4	0,00	4	3	13
2007	4.916	175	4	0,00	4	3	13
2008	13.348	474	10	0,00	10	9	35
2009	13.180	468	9	0,00	9	9	34
2010	12.879	457	9	0,00	9	9	34
2011	13.570	482	10	0,00	10	10	35
2012	13.683	486	10	0,00	10	10	36
2013	14.174	503	10	0,00	10	10	37
2014	18.378	653	13	0,00	13	13	48
2015	20.130	715	14	0,00	14	14	52
2016	18.923	672	14	0,00	14	13	49
2017	23.442	832	17	0,00	17	17	61
2018	26.664	947	19	0,00	19	19	69
2019	29.951	1.063	21	0,00	21	21	78
2020	30.275	1.075	22	0,00	22	21	79
2021	30.600	1.086	22	0,00	22	22	80
2022	30.924	1.098	22	0,00	22	22	81
2023	31.248	1.110	22	0,00	22	22	81
2024	31.573	1.121	23	0,00	23	22	82
2025	47.846	1.699	34	0,00	34	34	125
2026	48.333	1.716	35	0,00	35	34	126
2027	48.819	1.733	35	0,00	35	35	127
2028	49.306	1.751	35	0,00	35	35	128
2029	49.793	1.768	36	0,00	36	35	130
2030	67.039	2.380	48	0,00	48	48	175

Source: Prepared by author (2018)

Table 4 - Result of the use of the methodology for the CO_2 emissions of biodiesel

Year	Petrodiesel consumption m³	Energy consumption (TJ)	Quantity of carbon (GgC)	Quantity of fixed carbon (GgC)	Net carbon emissions (GgC)	Real carbon emissions (GgC)	Real CO_2 emissions (GgC)
2005	5.380	178	4	1	2	2	8
2006	5.471	181	4	1	2	2	8
2007	5.462	181	4	1	2	2	8
2008	14.831	492	10	4	6	6	21
2009	14.645	486	10	4	6	6	21
2010	14.310	475	9	4	6	6	21
2011	15.077	500	10	4	6	6	22
2012	15.204	504	10	4	6	6	22
2013	15.749	522	10	4	6	6	23
2014	20.420	677	13	5	8	8	29
2015	22.367	742	15	6	9	9	32
2016	21.025	697	14	6	8	8	30
2017	26.046	864	17	7	10	10	37
2018	29.626	982	20	8	12	12	43
2019	33.279	1.104	22	9	13	13	48
2020	33.639	1.116	22	9	13	13	48
2021	34.000	1.127	22	9	13	13	49
2022	34.360	1.139	23	9	14	13	49
2023	34.721	1.151	23	9	14	14	50
2024	35.081	1.163	23	9	14	14	50
2025	53.162	1.763	35	14	21	21	76
2026	53.703	1.781	35	14	21	21	77
2027	54.244	1.799	36	14	21	21	78
2028	54.784	1.817	36	14	22	21	79
2029	55.325	1.835	36	15	22	22	79
2030	74.488	2.470	49	20	29	29	107

Source: Prepared by author (2018)

From the above calculations, a total result of 1,819,215 tons of CO_2 emitted for consumption of petro diesel and 1,114,595 tons for consumption of biodiesel was obtained, as shown in Table 5 below:

Taking into account that the road fleet will gradually increase biodiesel consumption, a total of 704,620 tons of CO_2 is expected to cease to be emitted, diesel emissions would reduce by 38.73%.

Table 5 - Reduction in emissions through the use of biodiesel

Ton. CO_2			
Years	**Petrodiesel Emissions**	**Biodiesel Emissions**	**Avoided Emissions**
2005 - 2016	398.196	243.967	154.230
2017 - 2030	1.421.018	870.628	550.390
2005 - 2030	1.819.215	1.114.595	704.620

Source: Prepared by author (2018)

7. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The use of petrodiesel as an energy source has been expanding globally, and Brazil is not different, increasing greenhouse gas emissions. This expansion is intolerable in the long term taking into account environmental, economic and social issues. In the vanguard of renewable energy use, in Brazil the percentage of use reaches 46%, while in the rest of the world this percentage accounts for only 12.9% (PEREIRA et al., 2012).

The transport system, especially urban buses, remains extremely dependent on petro diesel. Governments are working with companies to reduce greenhouse gas emissions and the environmental impact of the activity. Brazil has made progress in establishing public policies to increase the use of renewable sources without undermining economic growth, as well as contributing to climate change issues, especially in the energy field.

The main point discussed in this article is the use of biofuel as a way to reduce greenhouse gas emissions and to mitigate the environmental impacts caused by the transportation of urban buses in Rio de Janeiro.

Taking into account the calculations presented in this work, when biodiesel is added to petro diesel, CO_2 emissions decrease by approximately 39%, taking into account the consumption percentages analyzed.

At the end of 2017, Brazil started to use 8% biodiesel in its diesel mix in the diesel mix and started to have the highest percentage biodiesel-diesel blend in the world.

As a result, the substitution of petro diesel with biodiesel, leads to a significant reduction in the emission of gases that cause the greenhouse effect. However, more than reducing the emission of greenhouse gases at safe levels, public policies aimed at expanding multimodal transport, restructuring of the road

network, regulation and transport supervision and financing of infrastructure are also needed.

In addition, sustainable transport policies are needed to encourage investment in non-polluting modes of transport (with or without greenhouse gas emissions), to improve road planning by reducing the transport time of freight and passengers economic gains for companies (transport costs) and an energy saving, which is directly related to the emission of greenhouse gases.

As possible future work, it is recommended to carry out calculations of the emission levels of the different oilseeds found in Brazil that are used in the production of biodiesel in order to verify possible differences between those seeds. In addition, the analysis of the transport system as a whole.

8. REFERENCES

ABIOVE – Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais, Estatísticas do Biodiesel, 2018. Available at: http://www.abiove.org.br/.

Altin, R., Cetinkaya, S., Yucesu, H.S., 2001. The potential of using vegetable oil fuels as fuel for diesel engines. Energy Convers. Manage. 42, 529-538.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2018. Estatística sobre o consumo de óleo diesel no Brasil e as importações. Rio de Janeiro.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2016. Boletim do Biodiesel. Available at: http://www.anp.gov.br/.

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. Boletim Trimestral de Preços e Volumes de Combustíveis – Edição n° 4 – Março/2020http://www.anp.gov.br/arquivos/publicacoes/boletins-anp/btpvc/boletim-trimestral-4.pdf

ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos, 2018. Sistema de informações da mobilidade urbana. Available at: http://files.antp.org.br/simob/sistema-de-informacoes-da-mobilidade--simob--2018.pdf

APROBIO - Associação do Produtores de Biodisel, 2016, Cenários para o biodiesel em 2030, Available at: http://aprobio.com.br/

APROBIO. Associação do Produtores de Biodisel, 2020: Trends for the biodiesel market in 2020. Available in https://aprobio.com.br/noticia/tendencias-para-o-mercado-de-biodiesel-em-2020.

ARAÚJO, M.P.S., 2013. Análise dos Fretes Praticados pelos Transportadores Rodoviários de Carga, M.Sc. Thesis, Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

BBC News, 2019. The 15 countries that have emitted the most CO_2 in the last 20 years (and where Brazil stands). Available at: https://www.bbc.com/portuguese/brasil-50811386

BEN – Balanço Energético Nacional, 2017. Available at: https://ben.epe.gov.br/

CNT – Confederação Nacional dos Transportes, 2020. Boletim unificado 2020. Available at: https://www.cnt.org.br/boletins.

DOE – U. S. Department of Energy, 1998. Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus. Available at: http://www.energy.gov/.

FETRANSPOR - Federação das Empresas de Transportes de Passageiros do Estado do Rio de Janeiro, 2018, Resumo do sistema de transporte por ônibus no município do Rio de Janeiro – 1984 a 2016, Available at: www.fetranspor.com.br

GUTIÉRREZ FRANCO, Édgar; CADENA MONROY, Ángela Inés; MONTOYA, Jairo PALACIOS, Fernando, 2011. Metodología de optimización para la toma de decisiones en la red de suministro de biodiesel en Colombia. Cuad. admon.ser.organ. Bogotá (Colombia), 24 (43), pp.59-87.

IEA – International Energy Agency, 2017. CO_2 emissions from fuel combustion. Available at: http://www.iea.org/

IEA – International Energy Agency, 2020. Global Energy Review. Available at: https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change Greenhouse, 1996. Gas Inventory Reference Manual, chapter 6.

MA, F.; HANNA, M.A., 1999. Biodiesel production: a review, Bioresour. Technol. 70, 1-15.

MME – Ministério das Minas e Energia, 2018. Dados estatísticos, Brasília. Available at: http://www.mme.gov.br/mme.

MURTA, A. L. S., FREITAS, M. A. V., CO_2 Emissions Avoided Through the use of Biodiesel in the Brazilian Road System, International Journal of Energy Economics and Policy, 2018

NOGUEIRA, L.A.H., 2011. Does biodiesel make sense? Energy 36, 3659–66.

PEREIRA, M.G., Camacho, C.F., Freitas, M.A.V., Silva, N.F., 2012.The renewable energy market in Brazil: current status and potential; Renewable Sustainable Energy Rev. 16, 3786– 3802.

PINTO, R.R.C. et. al., 2001. Caracterização do Biodiesel para uso automotivo. Anais do Seminário AEA de Biodiesel, São Paulo.

UDOP - UNIÃO NACIONAL DA BIOENERGIA, 2020. Indústria de biodiesel do Brasil sofre com pandemia, é pressionada a mudar contratos. Available at: www.udop.com.br

UN – United Nations. UNDP - United Nations Development Programme, 2018. Available at: http://www.onu-brasil.org.br/.

ARTIGO 4



INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, DESENVOLVIMENTO SOCIOECONÔMICO E MEIO AMBIENTE: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DA REDE DE COCITAÇÃO

Fernando Rocha
USP

José Vicente Caixeta Filho
USP

ARTIGO 4

RESUMO

Os investimentos em infraestruturas de transporte são frequentemente associados ao desenvolvimento socioeconômicos dos países. A relação existente entre o desenvolvimento econômico a partir da presença das infraestruturas de transporte, bem como os impactos ambientais a elas associadas, são temáticas de interesse da literatura acadêmica. Esse é o objeto de análise desse artigo, que, a partir do uso de técnicas bibliométricas, discorre sobre como a literatura acadêmica tem abordado essas questões. Em suma, diversos são os trabalhos que fazem análises das infraestruturas de transporte sob um conjunto de variáveis ambientais, econômicas e sociais. Dentre as temáticas emergentes, a que trata das relações entre infraestrutura de transporte e a elaboração de políticas públicas baseadas em aspectos mais abrangentes de análise é objeto de pesquisa relevante.

Palavras-chave: infraestrutura de transporte, desenvolvimento socioeconômico, meio ambiente

ABSTRACT

Investments in transport infrastructure are often associated with the socioeconomic development of countries. The relationship between economic growth based on the presence of transport infrastructure and the environmental impacts associated with them are topics of interest in the academic literature. Based on bibliometric techniques, this paper's object of analysis discusses how the academic literature has addressed these issues. In short, several works analyze transport infrastructure under environmental, economic, and social variables. Among the emerging themes, the one that deals with the relationship between transport infrastructure and the elaboration of public policies based on broader aspects of analysis is the object of relevant research.

Keywords: transport infrastructure, socioeconomic development, environment

1. INTRODUÇÃO

O investimento em infraestrutura é considerado passo importante para o desenvolvimento de países, estados e municípios. A relação existente entre o desenvolvimento econômico a partir da presença das infraestruturas de transporte é temática de interesse da literatura acadêmica. Interesse similar é observado no que tange aos impactos ambientais do setor de transporte. Para o caso brasileiro, a elevada dependência do modal rodoviário impõe, além de custos operacionais mais elevados, níveis maiores de emissão de gases poluentes na atmosfera.

Para Tranfield et al. (2003), a revisão de literatura tem o objetivo de mapear e avaliar os trabalhos que já fazem parte da literatura acadêmica, possibilitando a identificação de potenciais direcionamentos para a elaboração de pesquisas futuras. O objetivo desse artigo é a análise do arcabouço teórico dos trabalhos acadêmicos que tratam das relações existentes entre infraestrutura de transporte, desenvolvimento econômico, impactos sociais e impactos ambientais é apresentada nessa seção, que fará o uso de ferramentas de análise bibliométrica e de análise de rede (*network analysis*).

Para Zupic e Cater (2015, p. 429), a análise bibliométrica consiste na adição de "métricas de objetividade da literatura científica, aumentando o rigor e reduzindo o viés do pesquisador em buscas na literatura". Os autores afirmam que as técnicas de análise bibliométrica agregam conclusões de inúmeros autores da área pesquisada, consolidando uma análise mais abrangente da literatura acadêmica. Decorrente de tais benefícios, o uso dessas ferramentas na condução de revisões de literatura tem sido mais frequente.

Em trabalhos recentes, tal técnica foi aplicada para temas como a logística portuária e marítima (Davarzani et al., 2015), cadeia de suprimentos (Fahimnia et al., 2015), bem como para temáticas diversas das áreas de economia e administração. De modo específico, os objetivos para a realização dessa análise são: (i) consolidar uma revisão da literatura acadêmica que trata da problemática relacionada entre infraestrutura de transporte, desenvolvimento socioeconômico e meio ambiente; (ii) fazer o levantamento da evolução dessa linha de pesquisa na literatura acadêmica internacional; (iii) identificar e comparar os trabalhos considerados como pilares dessa vertente teórica; (iv) identificar os padrões (grupos) das pesquisas, de forma a listar temáticas relevantes para o desenvolvimento de trabalhos futuros.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada na condução dessa análise do referencial teórico tem como base o trabalho de Rowley e Slack (2004). Os autores adotaram quatro etapas distintas para a coleta e análise das informações: (i) definição dos termos de busca; (ii) pesquisa e refino dos resultados; (iii) análise das estatísticas gerais; e (iv) análise dos dados e informações obtidos. Fez-se o uso da base de dados do Web of Science (WoS), plataforma de trabalhos acadêmicos da *Thomson Reuters*. O acesso à coleção principal da base de dados do WoS permitiu a análise de uma série de

trabalhos científicos de todas as áreas de conhecimento, sendo tal base adequada ao cumprimento dos objetivos aqui listados.

Os trabalhos analisados foram selecionados a partir da definição de um conjunto de palavras-chave, primeira etapa da pesquisa bibliográfica (Rowley e Slack, 2004). De modo a garantir que um número elevado de trabalhos da área de estudo de interesse fosse compreendido na busca realizada no WoS, combinações entre termos-chave (Tabela 1) foram inseridas na plataforma.

Tabela 1 - Termos de busca utilizados na plataforma Web of Science.

Palavras-chave	Temática pesquisada nos trabalhos
infrastruct* invest* AND social develop*	Infraestrutura e desenvolvimento social
infrastruct* AND social develop*	
transport* infrastruct* Invest* AND social develop*	Infraestrutura de transporte e desenvolvimento social
transport* infrastruct* AND social develop*	
carbon AND transport* Infrastruct* investment*	Infraestrutura de transporte e meio ambiente
transport* infrastruc* AND green investment*	
carbon AND transport* Infrastruct*	
transport* infrastruct* invest* AND green investment*	
carbon AND infrastruct* investment*	Infraestrutura e meio ambiente
infrastruc* AND green investment*	

Fonte: elaborado pelo autor.

A pesquisa cobriu toda a coleção de trabalhos do WoS, contemplando o período entre 1900 e 2018. A partir da inserção dos termos de busca (Tabela 1), a plataforma retornou a seleção de 4.487 trabalhos, sendo um total de 3.070 classificados como artigos científicos (articles), os quais foram selecionados (início da segunda etapa, conforme Rowley e Slack (2004)). Os demais trabalhos não classificados como artigos científicos foram desconsiderados.

O refino da busca também foi realizado a partir da identificação das "Categorias do *Web of Science*" de maior relevância para a condução dessa análise. Na categorização disponível na plataforma, foram selecionadas 30 categorias, as quais têm maior proximidade com as áreas de economia e administração, dentre outras áreas correlatas.

O primeiro registro dessa seleção de trabalhos é datado para o ano de 1991, sendo que até o ano de 2006 foi identificada uma quantidade média de 17 trabalhos publicados por ano. A partir de 2007, nota-se um aumento contínuo de trabalhos que relacionam infraestrutura com as áreas de meio ambiente e desenvolvimento socioeconômico. Um total de 385 trabalhos foram identificados para o ano de 2017 e 313 trabalhos para o ano de 2018.

Com o objetivo de selecionar apenas os trabalhos diretamente relacionados ao escopo de análise proposto, foi realizada uma nova rodada de seleção de artigos baseada na leitura dos títulos e dos resumos de cada um dos 2.291 trabalhos. Dessa nova etapa foram escolhidos 414 artigos. Estes, alinhados ao escopo desse estudo, configuram a base das análises (bibliométrica e da rede de citações) que serão apresentadas adiante. Cabe o destaque de que trabalhos relacionados ao desenvolvimento de outros tipos de infraestrutura que não sejam de transporte de cargas e/ou passageiros (tais como

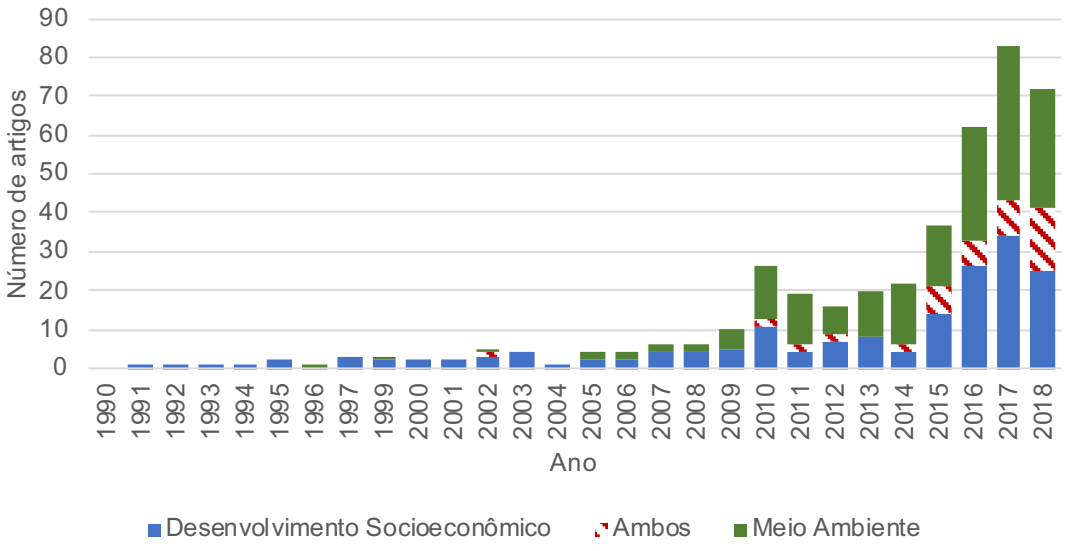
energia elétrica, moradias etc.) não estão contemplados na base de artigos selecionada. Além disso, salienta-se a tendência de aumento na frequência de trabalhos sobre o desenvolvimento de infraestruturas para a coleta, o transporte e o armazenamento de CO_2, os quais também foram descartados.

Após a seleção dos trabalhos, fez-se o *download* da base de dados do WoS. A manipulação desta deu-se por meio da utilização do *software* BibExcel (Persson et al., 2009). A análise de rede de citações, assim como a análise dos agrupamentos (*clusters*) formados entre os artigos, foi realizada com o *software* Gephi (Bastian et al., 2009).

3. RESULTADOS

A análise bibliométrica tem como base o conjunto final de 414 artigos selecionados da pesquisa realizada no WoS. O primeiro registro de artigo presente nesta seleção tem como data de publicação o ano de 1991. Até o ano de 2006, 2,18 foi o número médio de trabalhos publicados por ano. O segundo período característico ocorre entre 2007 e 2014, com número médio de *papers* publicados por ano superior a 15. Entre 2015 e 2018 tem-se o terceiro período, com um aumento ainda mais significativo das publicações anuais – média superior a 63 trabalhos. Tais informações sobre a evolução da quantidade de artigos publicados são apresentadas na Figura 1, a qual permite inferir sobre a evolução das relações "infraestrutura de transporte e meio ambiente" e "infraestrutura de transporte e desenvolvimento socioeconômico".

Figura 1 - Evolução anual das publicações por temática analisada.



Fonte: elaborado pelo autor baseado na consulta realizada à base de dados do WoS.

Pela Figura 1, nota-se que os trabalhos que tratam da relação existente entre o desenvolvimento da infraestrutura de transporte e o desenvolvimento econômico e social surgiram no início da década de 1990. A partir deste período, a literatura acadêmica ressalta os benefícios gerados pela maior disponibilidade de infraestrutura de transporte nas diferentes sociedades, sendo tal relação continuamente analisada. A tendência de aumento na frequência de publicações com essa temática é observada a partir do ano de 2010.

Por outro lado, trabalhos que abordam a relação entre o desenvolvimento do transporte e os respectivos impactos ambientais surgiram na segunda metade da década de 1990, ganhando espaço na literatura científica a partir de 2005. Trata-se de uma temática de pesquisa recente em comparação com a anterior, porém também com um significativo número de trabalhos publicados a partir de 2010.

Cabe também o destaque da tendência de aumento, a partir de 2010, que é observada no número de publicações que vinculam aspectos ambientais e socioeconômicos ao desenvolvimento das infraestruturas de transporte. Tal tendência de abordagem nos artigos científicos deve-se ao fato de essas três áreas de pesquisa estarem relacionadas entre si, sendo tratatadas de forma conjunta pelos trabalhos científicos.

A análise da base de dados de artigos selecionados mostra que, dentre os autores com maior número de artigos publicados, David Banister lidera o *ranking* com quatro artigos: Banister (2011), Schwanen, Banister e Anable (2011), Banister (2018) e Cornet, Dudley e Banister (2018), todos eles relacionados à temática do meio ambiente. A Universidade da Califórnia e a Universidade de Londres são as instituições que aparecem com o maior número de trabalhos publicados – 14 trabalhos cada. Na sequência, a Universidade de Oxford aparece com 10 artigos. Estados Unidos (85 artigos), China (71) e Inglaterra (53) são os países com maior presença e autores nessa literatura acadêmica analisada.

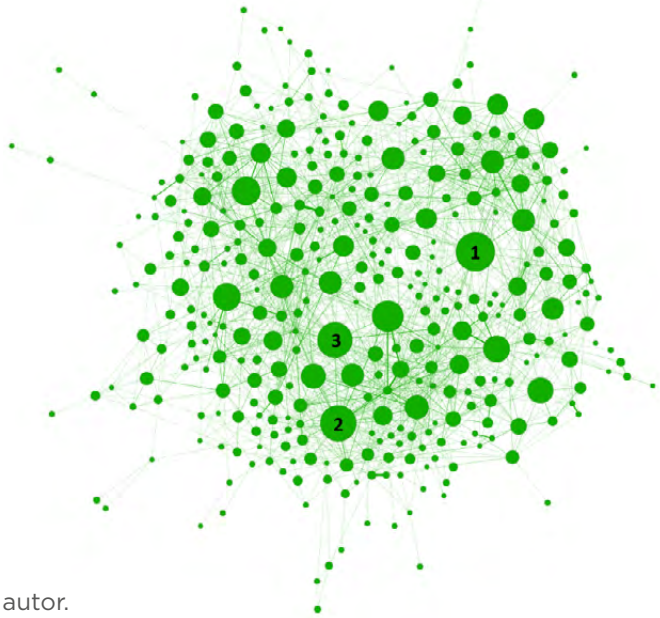
A análise bibliométrica permite também considerações importantes sobre os periódicos de maior relevância. Dentre os *journals* com maior número de trabalhos publicados, o destaque é o *Journal of Cleaner Production*, com 21 artigos. Na sequência aparecem: *Sustainability, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Transportation Research Record e Transportation Research Part A: Policy And Practice*. Destaca-se o fato de terem sido identificados na base de artigos selecionada um total de 220 revistas. Desse total, 70% dos periódicos publicaram apenas um artigo, indicando uma pluralidade elevada de fonte de trabalhos.

3.1. Análise da rede de cocitação

A análise da rede de citações (*network analysis*) foi realizada a partir da utilização do *software* Gephi. Fez-se o uso dessa técnica de pesquisa para identificar a base intelectual dos trabalhos que compõem o grupo de artigos selecionados, bem como identificar os principais autores, conclusões e temas de fronteira. Para Ding e Cronin (2011), a análise de citações dentro da base de artigos selecionada é um indicador da popularidade dos trabalhos para a temática pesquisada.

O primeiro resultado dessa análise é apresentado na Figura 2. Essa figura mostra a relação social existente entre os autores desse campo de pesquisa (Chen, 2010), sendo a rede criada inicialmente de modo aleatório pelo *software* Gephi, mas com a posterior utilização do algoritmo "*Force Atlas 2*". Nessa estrutura, os trabalhos com maior importância para a rede (maiores grau de ligação e conectividade com outros *papers*) são dispostos na região central, sendo aqueles de menor relevância localizados nas regiões periféricas.

Figura 2 - Análise da rede de citação dos artigos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Foram incorporados nesta análise de rede 349 trabalhos. Os demais 65 foram considerados outliers por estarem isolados da rede (sem citarem ou serem citados por algum outro trabalho), que é composta por 349 trabalhos e 1.811 arestas (ligações existentes entre os trabalhos). Sun e Cui (2018), Waisman, Guivarch e Lecocq (2013) e Schwanenm, Banister e Anable (2011) destacam-se como os papers com maior número de citações dessa base de artigos, sendo identificados por "1", "2" e "3", respectivamente, na Figura 2.

Além da frequência das citações, a análise do prestígio do artigo é medida pelo número de vezes em que o este é citado por trabalhos com elevado número de citações (Ding e Cronin, 2011). Para essa análise, o indicador denominado PageRank foi utilizado, o qual foi introduzido por Brin e Page (1998). Zhu et al. (2017) é o trabalho com maior PageRank da rede ger1 ada, seguido por Zheng et al. (2018) e Xu, Grant-Muller e Gao (2017). Na Tabela 2 são apresentados os dez principais artigos sobre a ótica de análise desse indicador.

Tabela 2 - Os dez principais artigos de acordo com a análise de PageRank.

Artigo	PageRank	Número de citações
Zhu, Liu, Tian, Wang e Zhang (2017)	0,0481	7
Zheng, Zhang, Davis, Ciais, Hong, Li, Liu, Tong, Li e He (2018)	0,0342	22
Xu, Grant-Muller e Gao (2017)	0,0206	19
Yuan, Li, Guo, Zhao e Skibniewski (2018)	0,0176	13
Sun e Cui (2018)	0,0165	36
Vogt-Schilb e Hallegatte (2018)	0,0165	23
Xia, Nesbitt, Daley, Najnin, Litman e Tiwari (2016)	0,0162	25
Waisman, Guivarch e Lecocq (2013)	0,0150	33
Xie, Fang e Liu (2017)	0,0142	18
Zhang, Wang e Zheng (2018)	0,0141	12

Fonte: elaborado pelo autor.

De modo a agrupar os artigos que compartilham das mesmas características foi realizada a análise de *cluster*. Cada agrupamento é visto como um conjunto de trabalhos bem interconectados entre si, mas com leve grau de conexão com trabalhos de outro *cluster* (Davarzani et al., 2016). Esse tipo de análise, segundo Davarzani et al. (2016), permite a identificação de padrões de tópicos de pesquisa e de colaborações, dado que a conexão entre os artigos tende a ser maior quanto maior a similaridade, por exemplo, de temas e métodos de análise. Foram gerados dez agrupamentos, sendo o menor formado por 3 e o maior por 72 artigos. O grau médio de modularidade (índice de separabilidade entre o grupos) é 0,538, sendo o detalhamento do total de trabalhos presentes em cada *cluster* apresentado na Tabela 3. Cabe acrescentar que, no *software* Gephi, o algoritmo utilizado nesse tipo de análise é o proposto por Blondel et al. (2008).

Tabela 3 - Resultado da análise de cluster.

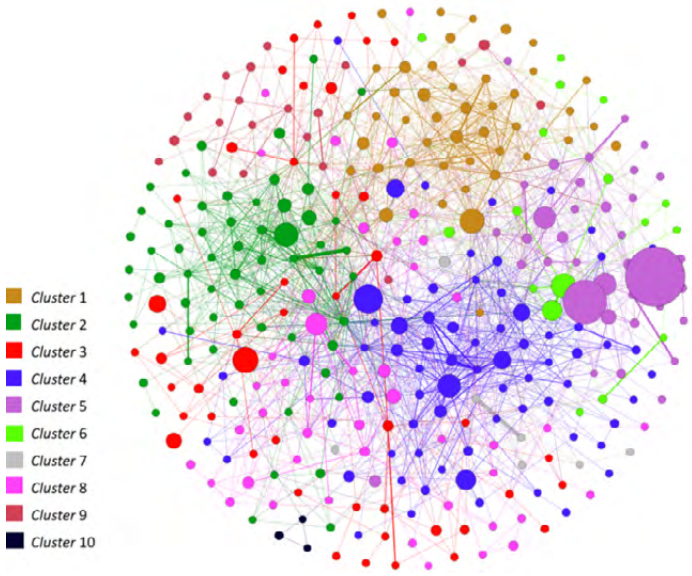
Cluster	Total de trabalhos	Total de trabalhos (%)
1	44	12,6%
2	59	16,9%
3	45	12,9%
4	72	20,6%
5	36	10,3%
6	17	4,9%
7	7	2,0%
8	45	12,9%
9	21	6,0%
10	3	0,9%

Fonte: elaborado pelo autor.

A Figura 3 ilustra a organização dos agrupamentos na rede, porém com o uso do algoritmo de disposição “Fruchterman Reingold”. Neste: (i) quanto mais ao centro, maior a importância do nó para a rede formada; e (ii) quanto maior o tamanho do nó, maior é o índice PageRank do artigo. Nota-se maior dimensão e concentração de clusters como o 1, o 2 e o 4, além da maior dispersão atribuída aos trabalhos dos agrupamentos 3 e 5.

De forma a explorar as principais características de cada um dos grupos formados, foram selecionados os cinco artigos com maior índice PageRank. Tais trabalhos foram analisados com o objetivo de identificar os principais focos de pesquisa e temáticas emergentes. A escolha dos cinco principais trabalhos representou 33,7% da soma total do PageRank atribuído aos trabalhos do cluster 1. Essa proporção é de 28,5% no segundo grupo, 39,4% no terceiro, 30,8% no quarto, 65,5% no quinto, 70,1% no sexto, 80,8% no sétimo, 33,6% no oitavo, 41,4% no nono e 100,0% no décimo. Tais números demonstram a representatividade da análise dos cinco trabalhos como forma de se obterem as principais considerações para cada um dos agrupamentos.

Figura 3 - Estrutura da rede com destaque para a formação dos agrupamentos.



Fonte: elaborado pelo autor.

No *Cluster 1*, de um total de 44 trabalhos, com aplicações para localidades chinesas, Sun e Cui (2018) fazem análises dos benefícios sociais, econômicos e ambientais trazidos pela existência de infraestruturas de transporte público. Os autores são categóricos em afirmar que esses benefícios estão interconectados, o que demanda uma análise conjunta das três esferas. A partir de uma análise de índices criados e dados em painel, eles demonstram a maior dimensão dos impactos econômicos atrelados aos investimentos em infraestrutura de transporte público. Na sequência, os impactos ambientais também apresentam significativa relevância, ao passo que os impactos sociais tiveram um impacto reduzido.

Wang et al. (2018) também mostram que os impactos de infraestruturas de transporte têm dimensões econômicas, ambientais e sociais. Os autores ressaltam a complexidade dos impactos gerados por esse tipo de infraestrutura na economia, além de destacarem o estudo integrado dos diferentes impactos potenciais como tendência futura para pesquisas. Snieska e Simkunaite (2009) focam na avaliação dos impactos socioeconômicos gerados por investimentos de infraestrutura, dentre eles os de transporte. Analisando o caso de países bálticos, os autores mostram relação direta entre a quantidade de rodovias pavimentadas e o PIB regional para a Lituânia, Letônia e Estônia.

Também compondo os principais trabalhos desse agrupamento, Rovoli e Spence (2002) analisam o investimento público grego em infraestrutura, de modo a medir os eventuais impactos na economia, e Olsson (2009) mostra que a existência de uma infraestrutura de transporte inadequada restringe o desenvolvimento socioeconômico.

Como principal trabalho do *Cluster 2*, Xia et al. (2016) trazem em perspectiva a relação entre a exclusão social e a disponibilidade de infraestrutura de transporte. Os autores mostram que o acesso a moradias, influenciado pela renda, preço das casas e custos de transporte, está entre os fatores que mais contribuem para o aumento da desigualdade no acesso ao transporte. Os autores também apontam a existência de políticas públicas para o desenvolvimento do transporte urbano como opções para diminuir a ocupação de áreas periféricas das cidades e melhorar a acessibilidade ao transporte.

Vermeiren et al. (2015) trazem uma abordagem sobre o desenvolvimento do transporte urbano. O caso analisado pelos autores retrata a problemática da implantação de um sistema de ônibus de transporte rápido em Kampala (Uganda). Para os autores, benefícios diversos são trazidos pela implantação desse sistema, com impactos no aumento da acessibilidade e oportunidades para parte da população. Por outro lado, a implantação desse sistema não beneficia a parcela mais pobre da população por dois motivos: distância desses centros aos bairros e custo elevado da passagem.

Para Sakib et al. (2018), o transporte é ponto crucial na busca pelo desenvolvimento sustentável. Os resultados do trabalho trazem um comparativo entre os portos utilizados no transporte de passageiros, além de mostrarem que o transporte marítimo nessa localidade é de elevada importância para a manutenção da integração econômica regional. Taylor (2008) desenvolve um método para a identificação de locais críticos na rede de transporte rodoviário no que diz respeito ao potencial de ocorrência de congestionamentos e Vučković et al. (2018) mostram como os investimentos em rodovias que ocorreram até o final da década de 1990 moldam a percepção da população local.

No *Cluster 3*, Yuan et al. (2018) têm como objeto de análise as parcerias público-privadas para o investimento em infraestrutura de transporte na China. No modelo criado os autores inserem o que eles chamam de "Fatores de Risco Social". Tais fatores são empregados para avaliar os riscos econômicos, ambientais e sociais dos projetos de parceria público-privada. Os autores destacam que o desafio para que se atinja o desenvolvimento sustentável dos projetos é a inserção, de forma balanceada, das questões ambientais, aspectos econômicos e sociais.

Zembri-Mary (2017) analisa a condução de projetos de infraestrutura na França, incorporando incerteza ao planejamento das obras. No sentido de identificar variáveis para a tomada de decisão em obras de renovação da infraestrutura urbana (incluindo a infraestrutura de transporte), Zhou et al. (2017) listam as seguintes questões-chave: bem estar social, desenvolvimento econômico e imobiliário, locais públicos, compensações de demolição, infraestrutura, meio ambiente, aspectos políticos, status das obras e o comportamento de investimento das construtoras/incorporadoras. Para os autores, essas variáveis servem de base para tomada de decisão sobre os investimentos em obras de infraestrutura no meio urbano.

Van Wee et al. (2007) fazem o comparativo de métodos que incorporam impactos ambientais atrelados à atividade de transporte, ao passo que Sanchez-Ollero et al. (2014) apresentam uma série de indicadores ao dissertarem sobre os benefícios econômicos (principalmente para o setor do turismo), de integração social e ambientais resultantes do desenvolvimento da malha ferroviária na Espanha.

Inserido no *Cluster 4*, Xu et al. (2017) analisam os efeitos das políticas de administração do transporte em Pequim (China). Os autores corroboram com a ideia de que o desenvolvimento de um sistema de transporte sustentável tem impactos ambientais, sociais e econômicos. Abordando os princípios de equidade, os autores afirmam que os projetos devem visar a maximização do benefício líquido para todas as regiões impactadas pelos mesmos, sendo as políticas públicas para o desenvolvimento do transporte direcionadas ao atendimento de regiões menos favorecidas até o estabelecimento de uma equidade entre as localidades.

Waisman et al. (2013) afirmam que o setor de transporte mostra-se como o mais desafiador na busca pela redução dos níveis de emissão de gás carbônico, sendo pouco sensível à precificação.

Em decorrência desse fato, os autores concluem que as melhores maneiras para mitigar as emissões de CO_2 no setor de transporte estão relacionadas: (i) à reorganização dos centros urbanos com o favorecimento de modalidades de transporte de baixa emissão; (ii) a investimentos em infraestrutura de transporte de cargas com menor taxa de emissão de CO_2; e (iii) a alterações na organização logística, de modo a se reduzir as distâncias percorridas na distribuição.

Yang et al. (2016) tratam sobre o desenvolvimento do transporte ferroviário urbano em Pequim (China) e os respectivos impactos na economia local. Os autores analisaram documentos de compra de propriedades entre 2004 e 2011 e estimaram um aumento de 11,1% no preço daquelas localizadas no entorno de estações ferroviárias construídas. O mesmo aumento não foi observado em áreas remotas da cidade, dado o baixo nível de investimento em infraestrutura nessas regiões.

York et al. (2017) trabalham com a mensuração dos impactos na infraestrutura da Cidade do Cabo (África do Sul) decorrentes da transição para uma economia mais sustentável. Zhang et al. (2018) elaboraram um modelo de equilíbrio geral que avalia o setor de transporte de passageiros e sua relação com as emissões de gases poluentes.

No *Cluster 5* e abordando a relação entre o crescimento (urbano e industrial) e as emissões de CO_2 na China, Zhu et al. (2017) atentam para o aumento da emissão desse gás na atividade de construção civil. O setor industrial também é apontado como um dos principais setores em termos de emissão de dióxido de carbono, mas com um crescimento menor do que o observado para o setor de construção entre 1997 e 2012. Em Xie et al. (2017) é argumentado que a disponibilidade de uma infraestrutura de transporte acarreta crescimento econômico, aumento da acessibilidade e da população nas regiões urbanas, além de promover inovações tecnológicas (acessibilidade dos mercados). Tais consequências, por sua vez, têm impacto direto no nível de emissão dos municípios. Xie et al. (2017) alegam que a efetividade das políticas de mitigação das emissões de CO_2 devem levar em consideração os efeitos das infraestruturas de transporte.

Zhang, Wang e Zheng (2018) mostram que, no processo de urbanização da China, o transporte rodoviário teve contribuição significativa para o aumento das emissões de CO_2 no país, seguido pelo transporte aéreo. Nos últimos anos, o aumento da participação do modal rodoviário no transporte de cargas do país contribuiu de forma decisiva para esse aumento nas emissões do setor. Também apresentando sugestões para políticas públicas, os autores apontam como relevantes: (i) o aumento dos investimentos em modais de transporte com menores índices de emissão, tais como o ferroviário e o hidroviário; (ii) a busca por novas tecnologias que sejam capazes de reduzir as emissões no setor de transporte chinês; e (iii) a busca pelo desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos que reduza as distâncias percorridas no transporte.

Zheng et al. (2018) apresentam uma análise de decomposição das emissões de CO_2 para uma série de municípios chineses e Tong et al. (2016) analisam as emissões de gases do efeito estufa ocasionados pelos setores de infraestrutura.

No *Cluster 6*, Vogt-Schilb e Hallegatte (2017) trazem considerações sobre como os formuladores de políticas públicas podem delimitar ações para reduzir as emissões de CO_2. Os autores alegam que a receita trazida pela taxação das emissões do gás poderia financiar investimentos em infraestrutura e fundos sociais. Com uma aplicação para os setores de carne bovina, pescado e papel e celulose, Taptich e Horvath (2015) mostram o impacto da maior utilização do transporte ferroviário na redução das emissões de gases do efeito estufa nos Estados Unidos.

Schütze et al. (2017) concluem que o progresso tecnológico é fator necessário, porém não suficiente, para que haja efeitos positivos na economia, decorrentes da adoção de políticas climáticas. Combinado com o progresso técnico, programas de investimento e a adoção das expectativas adaptativas das empresas em relação aos investimentos por elas realizadas são necessários, dado que estes permitem transitar entre diferentes padrões de crescimento econômico sem deixar de lado a efetividade dessas políticas públicas fomentadas.

No artigo de Jakob et al. (2016), que também aborda as políticas de precificação das emissões de CO_2, os autores afirmam que a receita gerada a partir da precificação das emissões de CO_2 poderia promover o desenvolvimento socioeconômico por meio de investimento em infraestrutura de transporte, saneamento básico, energia, dentre outros.

Dentre os principais trabalhos do *Cluster 7*, Schweikert et al. (2014) apresentam em detalhes o Sistema de Suporte ao Planejamento de Infraestrutura, desenvolvido a partir de um estudo de caso realizado no Colorado (Estados Unidos). O sistema considera aspectos climáticos, financeiros, de engenharia, de transporte e sociais para condução das análises, apresentado como principal resultado uma visão de longo prazo sobre os projetos de infraestrutura viária.

No trabalho de Pasha et al. (2016), avalia-se, dentre outros fatores, o impacto da infraestrutura rodoviária na utilização do transporte público em algumas áreas do município de Calgary (Canadá). Relação direta é observada entre o uso mais frequente dos serviços de transporte público e a disponibilidade de metrôs, estações de trens e rodovias.

Também com enfoque no transporte urbano, Cui et al. (2010) quantificam as emissões de carbono da criação de um sistema de transporte de ônibus denominado "*Bus Rapid Transit*" (BRT) em uma cidade chinesa. Os autores concluem que o sistema é capaz de reduzir as emissões de CO_2 em aproximadamente 25 mil toneladas do gás por ano. Complementar a este trabalho, Cui et al. (2011) fazem o comparativo entre o BRT o sistema de ônibus convencional. Os autores concluem que o sistema rápido tem maior eficiência no consumo de energia em comparação ao sistema tradicional.

Baseado em uma análise dos trabalhos publicados na literatura científica, Kumar e Imam (2013) investigam os efeitos potencialmente causados pelas alterações climáticas na manutenção das infraestruturas já construídas. Os autores consolidam uma série de informações que indicam o impacto de poluentes diversos e alterações climáticas (temperatura, precipitação, umidade etc.) nas estruturas das obras.

Parte do *Cluster 8*, Sierra et al. (2018), Yang et al. (2016) e Yuan (2017) convergem ao argumentar sobre a importância de os formuladores de políticas públicas utilizarem abordagens multicritério na priorização de projetos de infraestrutura, incorporando aspectos sociais e ambientais na tomada de decisão.

Ustaoglu et al. (2017) avaliam as tendências de mudanças no uso da terra decorrentes dos investimentos em infraestrutura de transporte. Em um caso aplicado para a região de Leipzig-Halle (Alemanha), os autores mostram que locais caracterizados pelo desenvolvimento mais concentrado (em área) são ambientalmente mais eficientes e apresentam um melhor uso das opções de transporte, convergindo para melhores indicadores sociais.

Pardo-Bosch e Aguado (2016) discutem a criação do Índice de Sustentabilidade dos Projetos de Infraestrutura, o qual considera os aspectos sociais, ambientais e econômicos das obras. Na construção desse índice foram incluídas métricas sobre o retorno do investimento, o impacto ambiental, as melhorias promovidas pelo projeto para a sociedade local, a criação de empregos, dentre outras.

Parte do *Cluster 9*, Turok (2016) trabalha com o processo de urbanização na África, o qual o autor indica que, frente à tendência de se promover o desenvolvimento com base em variáveis econômicas, ambientais e sociais, deve passar por mudanças importantes nos próximos anos. Analisando o desenvolvimento da África Subsaariana, Silver (2015) alega que é evidente a necessidade de os municípios africanos criarem programas de investimento para o desenvolvimento da infraestrutura urbana. Abordando a tendência de um desenvolvimento ambientalmente sustentável, o autor argumenta que o mercado de carbono é insuficiente para promover o amplo desenvolvimento demandado por essa região.

Kennedy (2015), trazendo uma análise sobre a realização de investimentos em grandes projetos de infraestrutura em quatro países do mundo, argumenta que a desigualdade social, os problemas de mobilidade e o aumento na pressão pela adoção de políticas mais liberais no desenvolvimento da infraestrutura impactam diretamente na condução das políticas públicas. De modo análogo, Mell (2018) disserta sobre a realização de investimentos em infraestrutura na Índia, destacando que a tendência observada nos investimentos em "infraestrutura verde" não se aplica para todas as localidades analisadas.

Wiesel et al. (2018) analisam a distribuição espacial dos investimentos em infraestrutura (de transporte e outras) na Austrália. Os autores apontam para uma abordagem mais distributiva dos recursos, tendendo a favorecer áreas com menor grau de desenvolvimento.

Por fim, o *Cluster 10* é formado por apenas três artigos. Estes, considerados mais distantes da rede analisada pela Figura 2, tratam da relação de gastos públicos e o processo de urbanização na Polônia (Smutek, 2017), do processo de expansão da urbanização em Taipei (Taiwan) (Hsu et al., 2016) e da relação entre o crescimento regional na Carolina do Sul (Estados Unidos) (Salvino et al., 2018) e as infraestruturas de transporte público.

Referenciada pela discussão acima apresentada, a Tabela 4 sintetiza as principais características de cada um dos dez agrupamentos analisados. São destacadas a linha de pesquisa central e as principais temáticas emergentes.

Tabela 4 - Classificação proposta para os *clusters* (linhas de pesquisa e temáticas emergentes).

Cluster	Linha de pesquisa principal	Temáticas emergentes
1	Relação entre o investimento em infraestrutura de transporte e os respectivos impactos socioeconômicos e ambientais	Adequação dos planos para o desenvolvimento da infraestrutura de transporte às demandas pelo desenvolvimento socioeconômico das regiões bem como demanda relacionadas ao meio ambiente
2	Infraestrutura de transporte nas cidades (centros urbanos) e aspectos socioeconômicos	Distribuição igualitária da oferta de transporte entre regiões
3	Estabelecimento de métricas e métodos multicritérios para avaliação dos impactos de infraestrutura de transporte	Criação e incorporação de outras métricas (de caráter social, econômico e ambiental) nos estudos, além do desenvolvimento de análises baseadas em metodologias multicritérios para os estabelecimentos dos projetos de investimento em infraestrutura de transporte
4	Desenvolvimento de políticas públicas para o sistema de transporte de cargas e passageiros, com o enfoque em modais de transporte com menor índice de emissão de gases poluentes	Estabelecimento de trabalhos que incluam vários aspectos na análise dos impactos potenciais dos sistemas de transporte, de forma a direcionar os formuladores de políticas públicas na busca pela redução da emissão de CO_2 na operação de transporte (via precificação das emissões e maior utilização de modais alternativos)
5	Crescimento urbano e industrial na China e os respectivos impactos ambientais (aumento na emissão de gases poluentes)	Inclusão dos impactos ambientais do setor de transporte (urbano e de cargas) e respectivas infraestruturas nas políticas de desenvolvimento local e de mitigação das emissões de CO_2
6	Políticas públicas para o desenvolvimento de infraestrutura com a mitigação das emissões de CO_2 e os impactos da precificação do gás carbônico emitido em setores diversos da economia	Impactos ambientais dos investimentos em modais de transporte alternativos ao rodoviário e utilização da receita obtida com a precificação das emissões de gases poluentes para o desenvolvimento das políticas de investimento
7	Políticas públicas de investimento em infraestrutura de transporte nos centros urbanos (novas infraestruturas e manutenção das já existentes) e a utilização de modelos mais robustos (abrangentes) para avaliação dessas políticas	Impactos decorrentes das alterações climáticas no direcionamento e intensidade das manutenções da infraestrutura já existente e o desenvolvimento de metodologias mais abrangentes para o direcionamento das políticas públicas de investimento
8	Análise multicritério para o desenvolvimento sustentável dos projetos de infraestrutura	Estabelecimento de metodologias multicritérios para o desenvolvimento das políticas públicas de investimento em infraestrutura de transporte, de modo a promover o melhor uso dos recursos investidos
9	Os desafios impostos pela crescente necessidade de se considerar questões sociais, ambientais e econômicas no desenvolvimento da infraestrutura em locais menos desenvolvidos	Desafios para a atração de parceiros para o investimento em infraestrutura em países menos desenvolvidos (a exemplo de países africanos), dado a crescente tendência de inclusão de questões ambientais e sociais nos projetos
10	Gastos públicos em infraestrutura de transporte e os impactos no desenvolvimento da urbanização	Identificação de padrões do desenvolvimento da urbanização em decorrência das políticas de investimento em infraestrutura de transporte

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, aspectos do desenvolvimento socioeconômico são observados a partir do início da década de 1990 na literatura acadêmica, sendo esta relação constantemente abordada por autores ao longo do período analisado. Por outro lado, trabalhos focados nos impactos ambientais do desenvolvimento da infraestrutura de transporte surgem com maior intensidade a partir de 2005. Como visto, ambas as categorias de trabalhos ganharam importância nos últimos anos, tendo um aumento significativo no número de artigos publicados anualmente. Além disso, cabe acrescentar que há uma tendência recente de se analisar de forma conjunta as duas áreas nos estudos sobre o desenvolvimento desse tipo de infraestrutura. Essa tendência de união entre essas duas vertentes é observada como característica dos agrupamentos 3, 7 e 8, que têm como ponto focal de análise a elaboração de metodologias multicritério para a avaliação das políticas públicas de investimento em infraestrutura de transporte. Tais grupos apontam que trabalhos futuros devem focar no desenvolvimento de metodologias e métricas que incorporem, além dos aspectos econômicos, questões sobre o desenvolvimento social e o impacto ambiental decorrentes dos investimentos em infraestrutura de transporte.

Como contribuições práticas, tais agrupamentos direcionam a elaboração das políticas públicas para o investimento em infraestrutura para um caminho além do político e do econômico. Visando à promoção de uma melhor utilização dos recursos públicos (importante em épocas de escassez), esse novo direcionamento para a seleção de projetos de investimento pode contribuir para a redução da desigualdade de acessibilidade existente entre as regiões do Brasil, além de elucidar questões sobre os impactos ambientais atrelados a matriz de transporte.

Com enfoque específico no desenvolvimento socioeconômico, os clusters 1 e 2 são formados por trabalhos que ressaltam impactos positivos do desenvolvimento da infraestrutura de transporte. Tais trabalhos corroboram com a ideia de que o desenvolvimento socioeconômico regional pode ser impulsionado pela maior disponibilidade de infraestruturas de transporte. Essa maior disponibilidade de infraestrutura, dentre outras formas, pode ser obtida a partir da utilização de recursos oriundos da implementação de políticas de precificação das emissões de CO_2, argumentação esta observada no Cluster 6. Esses novos investimentos, conforme características do grupo número 4, devem ser pautados pelas metas de redução das emissões de CO_2, havendo uma tendência de priorização de investimentos em modais alternativos ao rodoviário.

Ainda no tocante às análises apresentadas, a literatura é densa em trabalhos que retratam o desenvolvimento urbano, principalmente em localidades com desenvolvimento recente. Tais questões são abordadas principalmente nos clusters 5, 7, 9 e 10, os quais destacam os aspectos sociais e ambientais que são demandados para as novas políticas públicas de desenvolvimento do setor de transporte.

Dadas as constatações apresentadas, essa análise da literatura acadêmica aponta que, dentre as temáticas emergentes, a que trata das relações entre infraestrutura de transporte e a elaboração de políticas públicas baseadas em aspectos mais abrangentes de análise é objeto de pesquisa relevante.

5. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

BANISTER, D. Cities, mobility and climate change. Journal of Transport Geography, v. 19, n. 6, p. 1538–1546, 1 nov. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692311001244?via%3Dihub>. Acesso em: 22 out. 2018.

BANISTER, David. Policy on Sustainable Transport in England: The Case of High Speed 2. European Journal of Transport and Infrastructure Research, [S.l.], v. 18, n. 3, june 2018. ISSN 1567-7141. Disponível em: <https://journals.open.tudelft.nl/ejtir/article/view/3237>. Acesso em: 29 mai. 2020. doi: https://doi.org/10.18757/ejtir.2018.18.3.3237.

BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. 2009. Disponível em: <www.aaai.org>. Acesso em: 26 out. 2018.

BLONDEL, V. D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. 4 mar. 2008. Disponível em: <http://arxiv.org/abs/0803.0476>. Acesso em: 30 out. 2018.

BRIN, S.; PAGE, L. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. 1998. Disponível em: <http://ilpubs.stanford.edu:8090/361/>. Acesso em: 26 out. 2018.

CHEN, C. Information visualization. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, v. 2, n. 4, p. 387–403, 1 jul. 2010. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/wics.89>. Acesso em: 30 out. 2018.

CORNET, Y.; DUDLEY, G.; BANISTER, D. High Speed Rail: Implications for carbon emissions and biodiversity. Case Studies on Transport Policy, v. 6, n. 3, p. 376–390, 1 set. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X17302407>. Acesso em: 22 out. 2018.

CUI, S. et al. Carbon footprint analysis of the Bus Rapid Transit (BRT) system: a case study of Xiamen City Carbon footprint analysis of the Bus Rapid Transit (BRT) system: a case study of Xiamen City. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, v. 17, n. 4, p. 329–337, 2010. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tsdw20>. Acesso em: 25 out. 2018.

DAVARZANI, H. et al. Greening ports and maritime logistics: A review. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 48, p. 473–487, 1 out. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920915000991?via%3Dihub>. Acesso em: 30 out. 2018.

DING, Y.; CRONIN, B. Popular and/or prestigious? Measures of scholarly esteem. Information Processing & Management, v. 47, n. 1, p. 80–96, 1 jan. 2011. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306457310000087>. Acesso em: 30 out. 2018.

FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DAVARZANI, H. Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. International Journal of Production Economics, v. 162, p. 101–114, 1 abr. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527315000067?via%3Dihub#f0010>. Acesso em: 30 out. 2018.

HSU, K.-C.; LAI, T.-Y.; LI, C.-N. Why is there an urban pattern toward sprawling development? Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning, v. 169, n. 4, p. 200–208, 19 ago. 2016. Disponível em: <http://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/udap.14.00035>. Acesso em: 25 out. 2018.

JAKOB, M. et al. Carbon Pricing Revenues Could Close Infrastructure Access Gaps. World Development, v. 84, p. 254–265, 1 ago. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X16000425>. Acesso em: 23 out. 2018.

KENNEDY, L. The politics and changing paradigm of megaproject development in metropolitan cities. Habitat International, v. 45, p. 163–168, 1 jan. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019739751400109X>. Acesso em: 25 out. 2018.

KUMAR, P.; IMAM, B. Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure. Science of The Total Environment, v. 444, p. 85–101, 1 fev. 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712014829>. Acesso em: 25 out. 2018.

MELL, I. C. Greening Ahmedabad-creating a resilient Indian city using a green infrastructure approach to investment Greening Ahmedabad-creating a resilient Indian city using a green infrastructure approach to investment. Landscape Research , v. 43, n. 3, p. 289–314, 2018. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=clar20>. Acesso em: 25 out. 2018.

OLSSON, J. Improved road accessibility and indirect development effects: evidence from rural Philippines. Journal of Transport Geography, v. 17, n. 6, p. 476–483, 1 nov. 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692308000884>. Acesso em: 20 out. 2018.

PARDO-BOSCH, F.; AGUADO, A. Sustainability as the key to prioritize investments in public infrastructures. Environmental Impact Assessment Review, v. 60, p. 40–51, 1 set. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925515300494>. Acesso em: 25 out. 2018.

PASHA, M. et al. Effects of street pattern, traffic, road infrastructure, socioeconomic and demographic characteristics on public transit ridership. KSCE Journal of Civil Engineering, v. 20, n. 3, p. 1017–1022, 12 abr. 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12205-016-0693-6>. Acesso em: 25 out. 2018.

PERSSON, O.; DANELL, R.; WIBORG SCHNEIDER, J. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday. 2009. . Disponível em: <http://umu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A232746&dswid=832>. Acesso em: 26 out. 2018.

ROVOLIS, A.; SPENCE, N. Duality theory and cost function analysis in a regional context: the impact of public infrastructure capital in the Greek regions. The Annals of Regional Science, v. 36, n. 1, p. 55–78, 1 fev. 2002. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s001680100068>. Acesso em: 20 out. 2018.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. Management Research News, v. 27, n. 6, p. 31–39, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/01409170410784185>. Acesso em: 30 out. 2018.

SAKIB, N. et al. Addressing the Passenger Transport and Accessibility Enablers for Sustainable Development. Sustainability, v. 10, n. 4, p. 903, 21 mar. 2018. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/903>. Acesso em: 23 out. 2018.

SALVINO, R. et al. Regional Growth and Transportation Infrastructure from Greenways to Public Transit. Review of Business, v. 38, n. 2, p. 74–86, 2018. Disponível em: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=2060a44a-419b-488f-b34c-ada4c38ef5bc%40pdc-v-sessmgr05&bdata=JkF1dGhUeXBlPWIwLHNoaWIsc3NvLHVpZCZsYW5nPXB0LWJyJnNpdGU9ZWRzLWxpdmU-mc2NvcGU9c2l0ZQ%3D%3D#AN=129631259&db=bth>. Acesso em: 2 nov. 2018.

SÁNCHEZ-OLLERO, J. L.; GARCÍA-POZO, A.; MARCHANTE-MERA, A. J. UNA APROXIMACIÓN AL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA EN ANDALUCÍA. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, v. 64, n. 64, p. 341–356, 2014.

SCHÜTZE, F. et al. The Role of Sustainable Investment in Climate Policy. Sustainability, v. 9, n. 12, p. 2221, 1 dez. 2017. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2221>. Acesso em: 23 out. 2018.

SCHWEIKERT, A. et al. The infrastructure planning support system: Analyzing the impact of climate change on road infrastructure and development. Transport Policy, v. 35, p. 146–153, 1 set. 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X14001188>. Acesso em: 25 out. 2018.

SIERRA, L. A.; YEPES, V.; PELLICER, E. A review of multi-criteria assessment of the social sustainability of infrastructures. Journal of Cleaner Production, v. 187, p. 496–513, 20 jun. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306735>. Acesso em: 20 out. 2018.

SILVER, J. The potentials of carbon markets for infrastructure investment in sub-Saharan urban Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 13, p. 25–31, 1 abr. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343514001201>. Acesso em: 25 out. 2018.

SMUTEK, J. Change of municipal finances due to suburbanization as a development challenge on the example of Poland. Bulletin of Geography. Socio-Economic Series, v. 37, p. 139–149, 2017. Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/bog/37/37/article-p139.xml>. Acesso em: 25 out. 2018.

SNIESKA, V.; SIMKUNAITE, I. Socio-Economic Impact of Infrastructure Investments. ECONOMICS OF ENGINEERING DECISIONS, v. 63, n. 3, 2009. Disponível em: <http://inzeko.ktu.lt/index.php/EE/article/view/11638>. Acesso em: 20 out. 2018.

SUN, Y.; CUI, Y. Evaluating the coordinated development of economic, social and environmental benefits of urban public transportation infrastructure: Case study of four Chinese autonomous municipalities. Transport Policy, v. 66, p. 116–126, 1 ago. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X1730656X>. Acesso em: 20 out. 2018.

TAPTICH, M. N.; HORVATH, A. Freight on a Low-Carbon Diet: Accessibility, Freightsheds, and Commodities. Environmental Science & Technology, v. 49, n. 19, p. 11321–11328, 6 out. 2015. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b01697>. Acesso em: 23 out. 2018.

TAYLOR, M. A. P. Critical Transport Infrastructure in Urban Areas: Impacts of Traffic Incidents Assessed Using Accessibility-Based Network Vulnerability Analysis. Growth and Change, v. 39, n. 4, p. 593–616, 1 dez. 2008. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-2257.2008.00448.x>. Acesso em: 23 out. 2018.

TONG, K. et al. Greenhouse gas emissions from key infrastructure sectors in larger and smaller Chinese cities: method development and benchmarking Greenhouse gas emissions from key infrastructure sectors in larger and smaller Chinese cities: method development and benchm. Carbon Management , v. 7, n. 1–2, p. 27–39, 2016. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tcmt20>. Acesso em: 23 out. 2018.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. 2013. British Journal of Management. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.cebma.org/wp-content/uploads/Tranfield-et-al-Towards-a-Methodology-for-Developing-Evidence-Informed-Management.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

TUROK, I. Getting urbanization to work in Africa: the role of the urban land-infrastructure-finance nexus. Area Development and Policy, v. 1, n. 1, p. 30–47, 2016. Disponível em: <http://rsa.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=rard20>. Acesso em: 25 out. 2018.

USTAOGLU, E.; WILLIAMS, B.; PETROV, L. Scenario Analysis of Alternative Land Development Patterns for the Leipzig-Halle Region: Implications for Transport-Land-Use Sustainability. Urban Planning, v. 2, n. 1, p. 108, 5 abr. 2017. Disponível em: <https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/view/838>. Acesso em: 25 out. 2018.

VAN WEE, B.; JANSE, P.; VAN DEN BRINK, R. Comparing energy use and environmental performance of land transport modes. Transport Reviews, v. 25, n. 1, p. 3–24, 2007. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ttrv20>. Acesso em: 23 out. 2018.

VERMEIREN, K. et al. Who could benefit from a bus rapid transit system in cities from developing countries? A case study from Kampala, Uganda. Journal of Transport Geography, v. 47, p. 13–22, 1 jul. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692315001295>. Acesso em: 23 out. 2018.

VOGT-SCHILB, A.; HALLEGATTE, S. Climate Policies and Nationally Determined Contributions: Reconciling the Needed Ambition with the Political EconomyIDB WORKING PAPER SERIES. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8319/Climate-Policies-and-Nationally-Determined-Contributions-Reconciling-the-Needed-Ambition-with-the-Political-Economy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 out. 2018.

VOGT-SCHILB, A.; MEUNIER, G.; HALLEGATTE, S. When starting with the most expensive option makes sense: Optimal timing, cost and sectoral allocation of abatement investment. Journal of Environmental Economics and Management, v. 88, p. 210–233, 1 mar. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069617308392>. Acesso em: 20 out. 2018.

VUČKOVIĆ, S. Đ. et al. The development of transport infrastructure and attitudes of the local population: a case study from the Republic of Serbia The development of transport infrastructure and attitudes of the local population: a case study from the Republic of Serbia. Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, v. 118, n. 1, p. 101–113, 2018. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=rdgs20>. Acesso em: 23 out. 2018.

WAISMAN, H.; GUIVARCH, C.; LECOCQ, F. The transportation sector and low-carbon growth pathways: modeling urban, infrastructure and spatial determinants of mobility. Climate Policy, v. 13, n. 1, p. 106–129, 2013. Disponível em: <https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-00799119>. Acesso em: 20 out. 2018.

WANG, L. et al. The Impacts of Transportation Infrastructure on Sustainable Development: Emerging Trends and Challenges. International journal of environmental research and public health, v. 15, n. 6, 5 jun. 2018. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29874785>. Acesso em: 20 out. 2018.

WIESEL, I.; LIU, F.; BUCKLE, C. Locational disadvantage and the spatial distribution of government expenditure on urban infrastructure and services in metropolitan Sydney (1988-2015). Geographical Research, v. 56, n. 3, p. 285–297, 1 ago. 2018. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/1745-5871.12245>. Acesso em: 25 out. 2018.

XIA, J. et al. A multi-dimensional view of transport-related social exclusion: A comparative study of Greater Perth and Sydney. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 94, p. 205–221, 1 dez. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415300811>. Acesso em: 20 out. 2018.

XIE, R.; FANG, J.; LIU, C. The effects of transportation infrastructure on urban carbon emissions. Applied Energy, v. 196, p. 199–207, 15 jun. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917300223>. Acesso em: 20 out. 2018.

XU, M.; GRANT-MULLER, S.; GAO, Z. Implementation effects and integration evaluation of a selection of transport management measures in Beijing. Case Studies on Transport Policy, v. 5, n. 4, p. 604–614, 1 dez. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X17302808>. Acesso em: 20 out. 2018.

YANG, C.H.; LEE, K.C.; CHEN, H.C. Incorporating carbon footprint with activity-based costing constraints into sustainable public transport infrastructure project decisions. Journal of Cleaner Production, v. 133, p. 1154–1166, 1 out. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616306825>. Acesso em: 25 out. 2018.

YORK, T. A. et al. Infrastructure implications of a green economy transition in the Western Cape Province of South Africa: A system dynamics modelling approach. Development Southern Africa, v. 34, n. 5, p. 529–547, 2017. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=cdsa20>. Acesso em: 23 out. 2018.

YUAN, H. Achieving Sustainability in Railway Projects: Major Stakeholder Concerns. Project Management Journal, v. 48, n. 5, p. 115–132, 1 out. 2017. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/875697281704800508>. Acesso em: 25 out. 2018.

YUAN, J. et al. Social Risk Factors of Transportation PPP Projects in China: A Sustainable Development Perspective. International journal of environmental research and public health, v. 15, n. 7, 24 jun. 2018. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29937535>. Acesso em: 20 out. 2018.

ZEMBRI-MARY, G. Planning transport infrastructures in an uncertain context. Analysis and limits to contemporary planning in France. European Transport Research Review, v. 9, n. 4, p. 51, 18 dez. 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12544-017-0266-4>. Acesso em: 23 out. 2018.

ZHANG, R. et al. Contribution of the transport sector to climate change mitigation: Insights from a global passenger transport model coupled with a computable general equilibrium model. Applied Energy, v. 211, p. 76–88, 1 fev. 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917315490>. Acesso em: 20 out. 2018.

ZHANG, S. et al. Decomposition Analysis of Energy-Related CO_2 Emissions and Decoupling Status in China's Logistics Industry. Sustainability, v. 10, n. 5, p. 1340, 25 abr. 2018. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1340>. Acesso em: 20 out. 2018.

ZHENG, B. et al. Infrastructure Shapes Differences in the Carbon Intensities of Chinese Cities. Environmental Science & Technology, v. 52, n. 10, p. 6032–6041, 15 maio 2018. Disponível em: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b05654>. Acesso em: 20 out. 2018.

ZHOU T, ZHOU Y, LIU G. Key Variables for Decision-Making on Urban Renewal in China: A Case Study of Chongqing. Sustainability. 2017; 9(3):370.

ZHU, Z. et al. CO_2 emissions from the industrialization and urbanization processes in the manufacturing center Tianjin in China. Journal of Cleaner Production, v. 168, p. 867–875, 1 dez. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617319595>. Acesso em: 20 out. 2018.

ZUPIC, I.; CATER, T. ˇ. Bibliometric Methods in Management and Organization. Organizational Research Methods, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1094428114562629>. Acesso em: 30 out. 2018.

ARTICLE 4



TRANSPORT INFRASTRUCTURE, SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT, AND THE ENVIRONMENT: A BIBLIOMETRIC AND CO-CITATION NETWORK ANALYSIS

Fernando Rocha
USP

José Vicente Caixeta Filho
USP

ARTICLE 4

RESUMO

Os investimentos em infraestruturas de transporte são frequentemente associados ao desenvolvimento socioeconômicos dos países. A relação existente entre o desenvolvimento econômico a partir da presença das infraestruturas de transporte, bem como os impactos ambientais a elas associadas, são temáticas de interesse da literatura acadêmica. Esse é o objeto de análise desse artigo, que, a partir do uso de técnicas bibliométricas, discorre sobre como a literatura acadêmica tem abordado essas questões. Em suma, diversos são os trabalhos que fazem análises das infraestruturas de transporte sob um conjunto de variáveis ambientais, econômicas e sociais. Dentre as temáticas emergentes, a que trata das relações entre infraestrutura de transporte e a elaboração de políticas públicas baseadas em aspectos mais abrangentes de análise é objeto de pesquisa relevante.

Palavras-chave: infraestrutura de transporte, desenvolvimento socioeconômico, meio ambiente

ABSTRACT

Investments in transport infrastructure are often associated with the socioeconomic development of countries. The relationship between economic growth based on the presence of transport infrastructure and the environmental impacts associated with them are topics of interest in the academic literature. Based on bibliometric techniques, this paper's object of analysis discusses how the academic literature has addressed these issues. In short, several works analyze transport infrastructure under environmental, economic, and social variables. Among the emerging themes, the one that deals with the relationship between transport infrastructure and the elaboration of public policies based on broader aspects of analysis is the object of relevant research.

Keywords: transport infrastructure, socioeconomic development, environment

1. INTRODUCTION

Investments in infrastructure are rated as an important step for the development of nations, states, and municipalities. The current relationship between economic development underpinned by transport infrastructure is a topic of interest in academic literature. A similar interest is noted in the environmental impacts of the transport sector. Brazil's heavy dependence on road transport leads to higher operating costs and increased atmospheric emissions of pollutant gases

For Tranfield et al. (2003), a review of the literature is intended to map and assess papers that are already embodied in academic literature, allowing the identification of potential signposts for the preparation of future research projects. The purpose of this paper is to analyse the theoretical framework of academic papers addressing the links among transport infrastructure, economic development, and social and environmental impacts presented in this section, which will use the following tools: bibliometric analysis and network analysis

For Zupic and Cater (2015, p. 429), bibliometric analysis consists of adding "objectivity metrics from scientific literature, enhancing stringency and reducing researcher bias in searches of the literature". The authors affirm that bibliometric analysis techniques gather together conclusions from countless authors in the researched area, consolidating a broader-ranging analysis of academic literature. As a result of these benefits, the use of these tools in literature reviews has become more frequent

In recent papers, this technique was used for topics such as port and shipping logistics (Davarzani et al., 2015), supply chain (Fahimnia et al., 2015), and a variety of issues in the fields of economics and management. More specifically, the reasons for conducting this analysis are: (i) consolidating a review of the academic literature addressing problems related to transport infrastructure, social and economic development, and the environment; (ii) surveying the progress of this line of research in international academic literature; (iii) identifying and comparing papers considered as pillars of this theoretical field; (iv) identifying research patterns (groups) in order to list significant themes for the development of future projects.

2. METHODOLOGY

The methodology used to conduct this analysis of the theoretical framework is based on the work of Rowley and Slack (2004). These authors used four stages for collecting and analysing information: (i) definition of search terms; (ii) research and refining the findings; (iii) analysis of general statistics; and (iv) analysis of the data and information obtained. The Web of Science (WoS) database was used, which is the Thomson Reuters academic papers platform. Access to the main collection in the WoS database underpinned the analysis of a set of scientific papers in all

fields of knowledge, with this forming a suitable foundation for attaining the goals listed here.

The analysed works were selected by defining a set of keywords, as the first step in bibliographic research (Rowley and Slack, 2004). In order to ensure that a large number of papers in the field of study of interest was included in the WoS search, certain keyword combinations (Table 1) were entered into this platform

Table 1 – Search terms used on the Web of Science platform.

Keywords	Topics addressed in the papers
infrastruct* invest* AND social develop*	Infrastructure and social development
infrastruct* AND social develop*	
transport* infrastruct* Invest* AND social develop*	Transport infrastructure and social development
transport* infrastruct* AND social develop*	
carbon AND transport* Infrastruct* investment*	Transport infrastructure and environment
transport* infrastruc* AND green investment*	
carbon AND transport* Infrastruct*	
transport* infrastruct* invest* AND green investment*	
carbon AND infrastruct* investment*	Infrastructure and environment
infrastruc* AND green investment*	

Fonte: elaborado pelo autor.

The survey covered the entire collection of works in the WoS between 1900 and 2018. Having keyed in the search terms (Table 1), the platform listed a selection of 4,487 works, of which 3,070 were classified as scientific papers. These were selected (start of the second step, according to Rowley and Slack (2004), while other works not classified as scientific papers were disregarded.

The search was also refined by identifying the Web of Science Categories that were most significant for this analysis. Through the categorization tool available on this platform, thirty categories were selected as being closest to the economics and administration fields, among other correlated areas.

The first record in this selection of papers is dated 1991; by 2006, a mean number of seventeen papers published each year was identified. From 2007 onwards, there is a steady increase in papers relating infrastructure to the environment and social and economic development. A total of 385 papers was identified for 2017, with 313 for 2018.

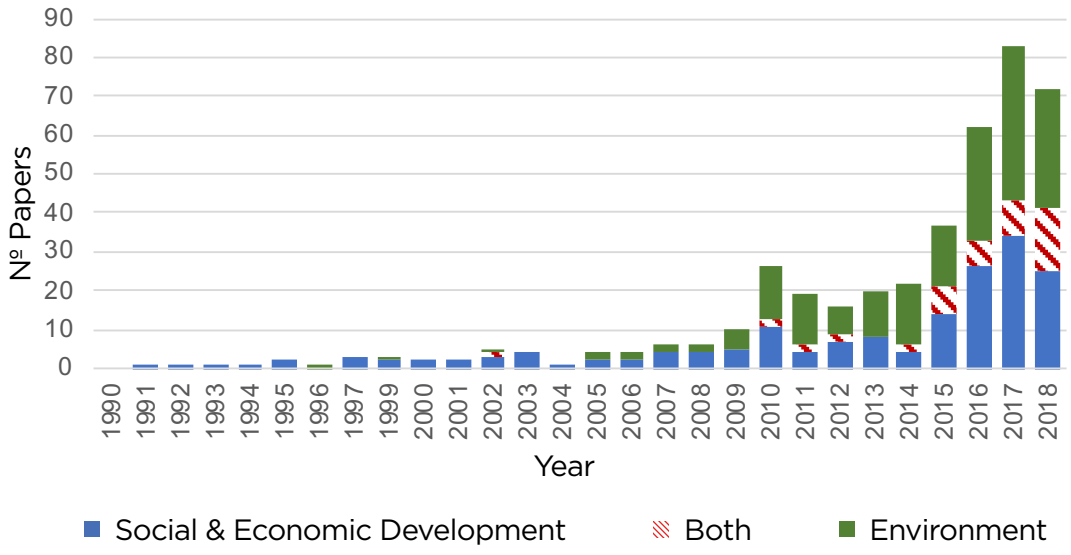
In order to select only projects related directly to the scope of the proposed analysis, a further round of selection identified papers by reading the titles and abstracts of each of 2,291 works. This new step resulted in the selection of 414 papers. Aligned with the scope of this study, they constitute the basis for the bibliometric and citations network analysis presented below. It should be stressed that papers related to the development of other types of infrastructure unrelated to cargo and/or passenger transport (such as electricity, housing, etc.) were not included in the selected papers used as a foundation. Moreover, it is stressed that there is an uptrend in the frequency of infrastructure development studies focused on collecting, transporting, and storing CO_2, which were also discarded.

After selection, the works were downloaded from the WoS database through the BibExcel software (Persson et al., 2009). The citations network analysis and the analysis of the Clusters formed by these papers were conducted through the Gephi software (Bastian et al., 2009).

3. RESULTS

The bibliometric analysis is based on the final set of 414 papers selected through the WoS search. The first record of a paper in this selection shows a publication date of 1991. Up to 2006, a mean number of 2.18 papers were published each year. The second characteristic period was between 2007 and 2014, with fifteen being the mean number of papers published each year. The third period ran between 2015 and 2018, with an even more significant increase in the number of papers published each year, with the mean surpassing 63. This information on the upsurge in the number of papers published is presented in Figure 1, underpinning inferences on the progress of the following relationships: "transport infrastructure and environment" and "transport infrastructure and social and economic development".

Figure 1 – Annual increase in publications by topic under analysis.



Source: prepared by the author based on the search of the WoS database.

Development and economic and social progress began to appear during the early 1990s. From then on, academic literature continued to highlight the benefits generated by the greater availability of transport infrastructure in different societies, with this relationship analysed continuously. The uptrend in publication frequency in this field was noted from 2010 onwards.

On the other hand, papers addressing the relationship between the development of transport and the respective environmental impacts appeared during the second half of the 1990s, gaining space in the scientific literature from 2005 onwards. The latter is a more recent research topic, compared with the former, although also with a significant number of papers published from 2010 onwards.

It is also worth stressing the uptrend (from 2010 onwards) noted in the number of publications linking environmental, social, and economic aspects to the development of transport infrastructures. This trend in the approaches adopted in scientific papers is due to the fact that these three fields of research are interrelated, being addressed together by these scientific research projects.

The analysis of papers selected from the database shows that, among the authors with the largest number of papers published, David Banister heads up the ranking with four papers: Banister (2011), Schwanen, Banister, and Anable (2011), Banister (2018) and Cornet, Dudley and Banister (2018), all related to the topic of the environment. The University of California and the University of London are the institutions with the largest number of papers published – fourteen each. Next comes Oxford University with ten papers. The USA (85 papers), China (71), and the UK (53) are the countries with the largest presence and the most authors in the academic literature analysed here.

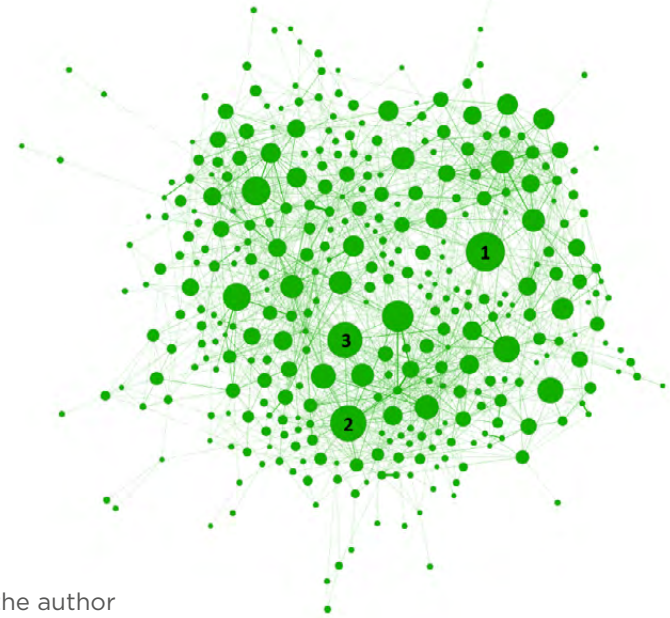
The bibliometric analysis also leads to important comments on the most important periodicals among the journals with the largest number of papers published, the Journal of Cleaner Production is notable, with 21 papers. Next come: *Sustainability, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Transportation Research Record and Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Particularly noteworthy is the fact that papers were identified in the database selected from a total of 220 journals. Among them, 70% of them published only one paper, indicating a high plurality of sources for the papers.

3.1. Co-Citation Network Analysis

The citation network analysis was conducted through the Gephi software. This research technique was used to identify the intellectual grounds for the papers forming the selected cluster of papers, as well as identifying the main authors, conclusions and trail-blazing topics. For Ding and Cronin (2011), a citations analysis of the selected paper database is an indicator of the popularity of the papers for the researched topic.

The first outcome of this analysis is presented in Figure 2. This Figure shows social relationships among the authors in this research field (Chen, 2010), with the network initially created randomly by the Gephi software, with subsequent use of the Force Atlas 2 algorithm. In this structure, papers of greater importance to the network (stronger connections and connectivity with other papers) are arrayed in the central region, while those of less relevance are on the outskirts.

Figure 2 – Citation network analysis of the papers.



Source: prepared by the author

This network analysis encompassed 349 papers, with the other 65 rated as outliers, because they were not connected to the network (without citing or being cited in some other paper), which consists of 349 papers and 1,811 links among the works. Sun and Cui (2018), Waisman, Guivarch and Lecocq (2013), and Schwanenm, Banister and Anable (2011) are noteworthy as papers with the largest number of citations in this selected database, identified as "1", "2" and "3" respectively in Figure 2

In addition to citation frequency, the analysis of the prestige of the paper is measured by the number of times in which it is cited by papers with large numbers of citations (Ding and Cronin, 2011). For this analysis, the PageRank indicator was used, which was introduced by Brin and Page (1998). The paper with the highest PageRank in the generated network was by Zhu et al. (2017) followed by Zheng et al. (2018) and Xu, Grant-Muller and Gao (2017). Table 2 presents the top ten papers as analysed by this indicator Table 2 – The top ten papers by the PageRank analysis.

Table 2 – The top ten papers by the PageRank analysis.

Paper	PageRank	Nº of Citations
Zhu, Liu, Tian, Wang and Zhang (2017)	0.0481	7
Zheng, Zhang, Davis, Ciais, Hong, Li, Liu, Tong, Li and He (2018)	0.0342	22
Xu, Grant-Muller and Gao (2017)	0.0206	19
Yuan, Li, Guo, Zhao and Skibniewski (2018)	0.0176	13
Sun and Cui (2018)	0.0165	36
Vogt-Schilb and Hallegatte (2018)	0.0165	23
Xia, Nesbitt, Daley, Najnin, Litman and Tiwari (2016)	0.0162	25
Waisman, Guivarch and Lecocq (2013)	0.0150	33
Xie, Fang and Liu (2017)	0.0142	18
Zhang, Wang and Zheng (2018)	0.0141	12

Source: prepared by the author

In order to group papers with shared characteristics, a cluster analysis was performed. Each cluster is viewed as a set of closely interconnected papers, but with only minor links to papers in other clusters (Davarzani et al., 2016). According to Davarzani et al. (2016), this type of analysis allows the identification of research topics and contributor patterns, as links among the papers tend to be stronger as similarity increases, with regard to topics and analysis methods, for example. Ten Clusters were generated, the smallest with three papers and the largest with 72 papers. The mean modularity level (separability index among the groups) was 0.538, with a detailed description of the total number of papers in each Cluster shown in Table 3. It should be added that the algorithm used for this type of analysis with Gephi software is that proposed by Blondel et al. (2008).

Table 3 – Outcome of the Cluster Analysis.

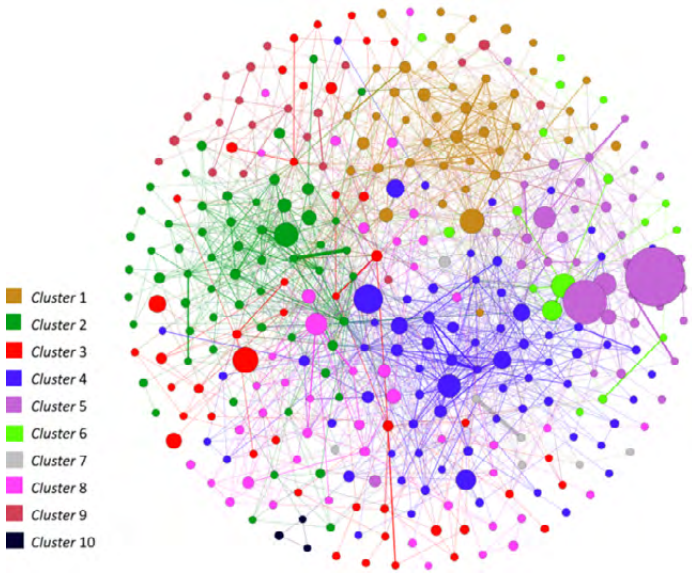
Cluster	Total Papers	Total Papers (%)
1	44	12,6%
2	59	16,9%
3	45	12,9%
4	72	20,6%
5	36	10,3%
6	17	4,9%
7	7	2,0%
8	45	12,9%
9	21	6,0%
10	3	0,9%

Source: prepared by the autho.

Figure 3 illustrates the organization of the Clusters in the network, although using the Fruchterman Reingold layout algorithm. This shows that: (i) the more central the location, the higher the importance of the node for the network; and (ii) the larger the size of the node, the higher the PageRank index of the paper. Larger size and tighter concentration is noted for Clusters such as 1, 2, and 4, with wider scatter for papers in Clusters 3 and 5.

In order to explore the main characteristics of each of the formed Clusters, the five papers with the highest PageRanks were selected and analysed, in order to identify the main research targets and emerging topics. The selection of the five main papers accounted for 33.7% of the total PageRank sum assigned to the Cluster 1 papers. This proportion reached 28.5% (Cluster 2); 39.4% (Cluster 3); 30.8% (Cluster 4); 65.5% (Cluster 5); 70.1% (Cluster 6); 80.8% (Cluster 7); 33.6% (Cluster 8); 41.4% (Cluster 9) and 100.0% (Cluster 10). These figures indicate the representativity of the analysis of the five papers as a way of obtaining the main matters under consideration for each of the Clusters.

Figure 3 – Network structure showing cluster formation.



Source: prepared by the author.

In Cluster 1, out of a total of 44 papers with applications for Chinese locations, Sun and Cui (2018) analysed the social, economic, and environmental benefits ushered in by the existence of public transport infrastructures. The authors categorically affirm that these benefits are interconnected, requiring a joint analysis of all three spheres. Through an analysis of the indexes created and presented in panel dashboard form, they demonstrate the heavier impacts of economic impacts linked to investors in public transport infrastructure. Next, the environmental impacts were also significantly relevant, while social impacts were minor.

Furthermore, Wang et al. (2018) show that transport infrastructure impacts have economic, environmental, and social dimensions. The authors stress the complexity of the impacts generated by this type of infrastructure on the economy, in addition to highlighting the integrated study of different potential impacts as a future trend for research projects. Snieska and Simkunaite (2009) focus on assessing the social and economic impacts triggered by infrastructure investments, including those related to transport. Analysing a case study of the Baltic countries, the authors show a direct link between the number of paved highways and the regional GDP for Lithuania, Latvia, and Estonia.

Also among the main papers in this Cluster, Rovoli and Spence (2002) analyse Greek government investments in infrastructure, in order to measure possible future impacts on the economy, while Olsson (2009) shows that inadequate transport infrastructure curbs social and economic development.

As the main paper in Cluster 2, Xia et al. (2016) examine the link between social exclusion and transport infrastructure availability. The authors show that access to housing, which is influenced by incomes, home prices, and transport costs, is among the factors contributing most to rising inequality for access to transport facilities. The authors also mention the existence of public policies buttressing the development of urban transport as options for shrinking settlements in outlying urban areas, and upgrading transport accessibility.

Vermeiren et al. (2015) offer an approach to urban transport development. The case study analysed by these authors depicts the difficulties of implementing a bus rapid transport (BRT) system in Kampala, Uganda. For these authors, many benefits were introduced through the implementation of this system, including better accessibility and more opportunities for part of the population. On the other hand, the implementation of this system did not benefit the poorest segments of the population, for two reasons: distances between downtown areas and neighbourhoods, and high fares.

For Sakib et al. (2018), transport is a crucial factor in the quest for sustainable development. The findings of this paper presented a comparison between ports used for passenger transport, as well as showing that seaborne transport at this location is extremely important for upholding regional economic integration. Taylor (2008) developed a method for identifying critical spots in the road transport network with potential traffic jams, while Vučković et al. (2018) showed how investments in highways through to the end of the 1990s shaped the perceptions of the local population.

In Cluster 3, Yuan et al. (2018) analysed public-private partnerships for transport infrastructure investments in China. The authors inserted what they call Social Risk Factors into the model they created. These factors are used to assess the economic, environmental, and social risks of public-private partnership projects. The authors stress that the challenge of attaining sustainable development for these projects is the evenly balanced inclusion of environmental issues, as well as economic and social aspects.

Zembri-Mary (2017) analysed the management of infrastructure projects in France, including uncertainty in works planning. In order to identify decision-taking variables in urban infrastructure upgrade projects (including transport infrastructure), Zhou et al. (2017) listed the following key issues: social well-being, economic and property development, public spaces, compensation for demolition, infrastructure, environment, political aspects, works status, and the investment behaviour of property developers and construction companies. For the authors, these variables provided a basis for making decisions on investments in urban infrastructure projects.

Van Wee et al. (2007) compared methods that include environmental impacts related to transport activities, while Sanchez-Ollero et al. (2014) presented a set of economic benefit indicators (mainly for the tourism sector), as well as social and environmental integration, resulting from the development of the rail network in Spain.

In Cluster 4, Xu et al. (2017) analysed the effects of transport management policies in Beijing (China). The authors corroborated the idea that the development of a sustainable transport system has environmental, social, and economic impacts. Addressing the principles of equity, the authors affirmed that projects should strive to maximize net benefits for all impacted regions, with public transport development policies slanted towards servicing underprivileged regions, until equity is established among the locations.

Waisman et al. (2013) stated that the transport sector has proved to be the most challenging, in the quest to lower CO_2 levels, with limited sensitivity to pricing. Consequently, the authors concluded that the best ways of mitigating CO_2 emissions in the transport sector are related to: (i) restructuring urban hubs with a strong emphasis on transport options with low emission levels; (ii) investments in cargo transport infrastructure with lower CO_2 emission rates; and (iii) alterations to logistics layouts, shortening distances covered in the distribution stage.

Yang et al. (2016) explore the development of urban rail transport in Beijing (China) and the respective impacts on the local economy. The authors analysed real-estate purchase documents from 2004 to 2011, with an estimated 11.1% increase in prices for properties around constructed railway stations. The same increase was not noted in outlying urban areas, due to low infrastructure investment levels in these areas.

York et al. (2017) focused on measuring infrastructure impacts in Cape Town (South Africa) deriving from the shift to a more sustainable economy. Zhang et al. (2018) prepared a general balance model assessing the passenger transport sector and its links to pollutive gas emissions.

In Cluster 5, which explores the relationship between urban and industrial growth and CO_2 emissions in China, Zhu et al. (2017) examined the upsurge in emissions of this gas by civil construction activities. The industrial sector is also mentioned as one of the main culprits in terms of carbon dioxide emissions, although growing less rapidly than the construction sector between 1997 and 2012. Xie et al. (2017) argue that the availability of a transport infrastructure spurs economic growth, with better accessibility and an expanding population in urban regions, in addition to ushering in technological innovations (market accessibility). In turn, these consequences have direct impacts on municipal emission levels. Furthermore, Xie et al. (2017) claim that the effectiveness of CO_2 emission mitigation policies must take the effects of transport infrastructure into account.

Zhang, Wang and Zheng (2018) show that road transport contributed significantly to rising CO_2 emissions in China during its urbanization process, followed by air transport. During the past few years, the expanding share held by road transport for hauling cargos in this country also made a decisive contribution to this surge in emissions by this sector. Suggestions are also presented for public policies, with the authors mentioning the following aspects as relevant: (i) increased investments in transport modes with lower emission rates, such as railways and waterways; (ii) the quest for new technologies able to lower emissions in China´s transport sector; and (iii) efforts to develop supply chains that shorten transport distances.

Zheng et al. (2018) present an analysis of CO_2 emission breakdowns for a string of Chinese municipalities, while Tong et al. (2016) analysed greenhouse gas emissions caused by infrastructure sectors.

In Cluster 6, Vogt-Schilb and Hallegatte (2017) comment on how public policy formulators can demarcate actions for lowering CO_2 emissions. These authors claim that the revenues brought in by taxing gas emissions could underwrite investments in infrastructure and social funds. Applying this to the ranching, fishing, and pulp and paper sectors, Taptich and Horvath (2015) show the impacts of greater use of rail transport for lowering greenhouse gas emissions in the USA.

Schütze et al. (2017) conclude that technological progress is a necessary (but insufficient) factor for positive effects on the economy deriving from the adoption of climate policies. Together with technical progress, investment programmes are necessary, together with the adoption of adaptive expectations by companies in terms of their investments, as this allows them to shift between different economic growth standards and patterns, without ignoring the effectiveness of these urged public policies.

In the paper authored by Jakob et al. (2016), which also addresses CO_2 emission pricing policies, the authors affirm that the revenues generated through pricing CO_2 emissions could underwrite social and economic development through investments in transport infrastructure, basic sanitation, energy, and others.

Among the main papers in Cluster 7, Schweikert et al. (2014) presents details of the Infrastructure Planning Support System developed through a case study conducted in Colorado (USA). This system takes into account aspects related to climate, finance, engineering, transport, and social matters in order to run these analyses, with the main outcome presented as a long-term view of road infrastructure projects.

The paper authored by Pasha et al. (2016), assesses the impacts of road infrastructure on public transport use in some parts of Calgary (Canada), among other factors. A direct link is noted between more frequent use of public transport services and the availability of subways, train stations, and highways.

Also focused on urban transport, Cui et al. (2010) quantified carbon emissions deriving from the introduction of a Bus Rapid Transit (BRT) system in a Chinese city. The authors reached the conclusion that this system can lower CO_2 emissions by approximately 25,000 tons of gas a year. Supplementing this study, Cui et al. (2011) prepared a comparison between the BRT and a conventional bus system. The authors concluded that the BRT is more efficient for energy consumption, compared to traditional systems.

Based on an analysis of papers published in the scientific literature, Kumar and Imam (2013) investigated the effects potentially caused by climate change on the maintenance of infrastructures already in place. These authors firmed up a set of information indicating the impacts of assorted pollutants and climate changes (temperature, rainfall, humidity etc.) on several construction structures.

In Cluster 8, Sierra et al. (2018), Yang et al. (2016) and Yuan (2017) converged on underscoring the importance for public policy formulators using multi-criteria approaches when ranking infrastructure projects by priority, including social and environmental aspects in decision-making processes.

Ustaoglu et al. (2017) assessed trends in land use changes deriving from investments in transport infrastructure. In a case study of the Leipzig-Halle region in Germany, the authors showed that places with more concentrated development (by area) are environmentally more efficient, making better use of transport options and leading to better social indicators.

Pardo-Bosch and Aguado (2016) discussed the establishment of the Infrastructure Projects Sustainability Index, which encompasses social, environmental and economic aspects of civil construction works. When building up this index, metrics were included on returns on investments, environmental aspects, improvements ushered in by these projects for local societies, job creation and others.

Included in Cluster 9, Turok (2016) studied the urbanisation process in Africa, indicating that this should experience significant changes during the next few years, keeping pace with the trend towards fostering development based on economic, environmental, and social variables. Analysing the development of sub-Saharan Africa, Silver (2015) alleged that there is a clear need for African municipalities to establish urban infrastructure development investment programmes. Exploring the trend towards environmentally sustainable development, this author argues that the carbon market is not enough to underpin the broad-ranging development required by this region.

Kennedy (2015) offered an analysis of investments in major infrastructure projects in four countries all over the world. He argues that social inequality, mobility problems, and rising pressures calling for the adoption of more liberal infrastructure development policies are directly impacting the implementation

of public policies. Similarly, Mell (2018) discussed the allocation of infrastructure investments in India, underscoring that the trend noted in “green infrastructure” investment does not apply to the analysed locations.

Wiesel et al. (2018) examined the spatial distribution of investments in infrastructure (transport and others) in Australia. The authors indicate a more distributive approach for these resources, tending to favour less-developed areas

Finally, Cluster 10 includes only three papers. Ranked as the most remote from the network analysed in Figure 2, they address public spending and urbanisation processes in Poland (Smutek, 2017); the urbanisation expansion process in Taipei (Taiwan) (Hsu et al., 2016); and the relationship between regional growth in South Carolina (USA) (Salvino et al., 2018) and public transport infrastructures.

Steered by the discussion presented above, Table 4 summarises the main characteristics of each of the ten Clusters analysed. The core lines of research are mentioned, together with the main emerging themes.

Table 4 – Classification proposed for the Clusters (lines of research and emerging themes).

Cluster	Main line of research	Emerging themes
1	Relationship between investments in transport infrastructures and the respective social, economic, and environmental impacts	Adaptation of transport infrastructure development plans to demands for regional social and economic development, as well as demands related to the environment
2	Transport infrastructure in cities (urban hubs) and social and economic aspects	Even distribution of transport supplies among regions
3	Setting multi-criteria methods and metrics for assessing transport infrastructure impacts	Establishing and including other metrics (social, economic, and environmental) in studies, in addition to preparing analyses based on multi-criteria methodologies for establishing transport infrastructure investment projects
4	Development of public policies for cargo and passenger transport systems, focused on means of transport with lower pollutant gas emission ratings	Establishing papers that include various aspects in the analysis of the potential aspects of transport systems, in order to steer public policy formulators in the drive to reduce CO_2 emissions from transport operations (through pricing emissions and wider use of alternative means of transport)
5	Urban and industrial growth in China and the respective environmental impacts (increase in pollutant gas emissions)	Inclusion of environmental impacts caused by the urban and cargo transport sectors and their respective infrastructures on local development and CO_2 emissions mitigation policies
6	Public policies for infrastructure development with CO_2 emission mitigation and the pricing on carbon dioxide emitted in several sectors of the economy	Environmental impacts of investments in means of transport other than road, and the use of revenues brought in through pricing pollutive gas emissions for the development of investment policies investment policies
7	Public investment policies in transport infrastructure in urban hubs (new infrastructures and maintenance of existing facilities) and the use of more robust and broader-ranging models to assess these policies	Impacts arising from climate change on the direction and intensity of infrastructure maintenance already in place and the development of broader-ranging methodologies for steering public investment policies
8	Multi-criteria analysis for the sustainable development of infrastructure projects	Establishment of multi-criteria methodologies for the development of public investment policies in transport infrastructure, in order to encourage the best possible use of the invested funds
9	Challenges imposed by the rising need to consider social, environmental and economic issues on the implementation of infrastructure at less developed locations	Challenges in attracting partners for investing in infrastructure in less developed countries (such as some African countries), due to the rising trend towards including environmental and social issues in project designs
10	Government spending on transport infrastructure and its impacts on urbanisation development	Identification of urbanisation development patterns deriving from investment policies in transport infrastructure

Source: prepared by the author.

4. CLOSING REMARKS

In brief, aspects related to social and economic development are noted from the early 1990s onwards in academic literature, with this link constantly explored by authors throughout the period under analysis. On the other hand, papers focused on the environmental impacts of transport infrastructure development began to appear more frequently from 2005 onwards. As seen, both categories of papers have become even more important during the past few years, with a significant increase in the number of papers published each year. Furthermore, it must be added that there is a recent trend (which should be analysed jointly with the two other fields) in studies on the development of this type of infrastructure. This trend towards linking these two pathways is noted as a characteristic of Clusters 3, 7 and 8, which focus on analysing the preparation of multi-criteria methodologies for assessing public transport infrastructure investment policies. These groups indicate that future studies must focus on the development of methodologies and metrics that include aspects related to social development and environmental impacts (in addition to economic factors) deriving from investments in transport infrastructure.

As practical contributions, these Clusters pave the way for the preparation of public infrastructure investment policies that extend beyond the political and economic fields. In order to encourage better use of government funding (important during lean times), this new direction for selecting investment projects may help lessen inequalities in accessibility found in many parts of Brazil, in addition to elucidating aspects related to environmental impacts linked to the transport matrix.

Focused specifically on social and economic development, Clusters 1 and 2 consist of papers that highlight the positive impacts of transport infrastructure development. These papers contribute through the idea that regional social and economic development may be driven by transport infrastructures that offer better availability. Among other aspects, more available infrastructure may be obtained through using funds brought in through implementing CO_2 emissions pricing policies, which is an argument noted in Cluster 6. According to the characteristics of Cluster 4, these new investments must be steered by CO_2 emissions reduction targets, with a trend towards assigning higher priority to investments in means of transport other than by road.

Still looking at the presented analysis, the literature is packed with papers portraying urban development, particularly at newly developed locations. These issues are addressed mainly in Clusters 5, 7, 9 and 10, which underscore the social and environmental aspects that are required of new public development policies for the transport sector.

Due to these conclusions, this analysis of the academic literature indicates that, among the emerging topics, the issue of the connections between transport infrastructure and the preparation of public policies based on broader-ranging aspects for analysis is an important subject for research.

5. REFERENCES

BANISTER, D. Cities, mobility and climate change. Journal of Transport Geography, v. 19, n. 6, p. 1538–1546, November 1, 2011. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692311001244?via%3Dihub>. Accessed on: October 22, 2018.

BANISTER, David. Policy on Sustainable Transport in England: The Case of High Speed 2. European Journal of Transport and Infrastructure Research, [S.l.], v. 18, n. 3, June 2018. ISSN 1567-7141. Available at: <https://journals.open.tudelft.nl/ejtir/article/view/3237>. Accessed on: May 29, 2020. doi: https://doi.org/10.18757/ejtir.2018.18.3.3237.

BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks. 2009. Available at: <www.aaai.org>. Accessed on: October 26, 2018.

BLONDEL, V. D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. March 4, 2008. Available at: <http://arxiv.org/abs/0803.0476>. Accessed on: October 30, 2018.

BRIN, S.; PAGE, L. The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine. 1998. Available at: <http://ilpubs.stanford.edu:8090/361/>. Accessed on: October 26, 2018.

CHEN, C. Information visualization. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, v. 2, n. 4, p. 387–403, July 1, 2010. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1002/wics.89>. Accessed on: October 30, 2018.

CORNET, Y.; DUDLEY, G.; BANISTER, D. High Speed Rail: Implications for carbon emissions and biodiversity. Case Studies on Transport Policy, v. 6, n. 3, p. 376–390, September 1, 2018. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X17302407>. Accessed on: October 22, 2018.

CUI, S. et al. Carbon footprint analysis of the Bus Rapid Transit (BRT) system: a case study of Xiamen City Carbon footprint analysis of the Bus Rapid Transit (BRT) system: a case study of Xiamen City. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, v. 17, n. 4, p. 329–337, 2010. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tsdw20>. Accessed on: October 25, 2018.

DAVARZANI, H. et al. Greening ports and maritime logistics: A review. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 48, p. 473–487, October 1, 2016. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920915000991?via%3Dihub>. Accessed on: October 30, 2018.

DING, Y.; CRONIN, B. Popular and/or prestigious? Measures of scholarly esteem. Information Processing & Management, v. 47, n. 1, p. 80–96, January 1, 2011. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306457310000087>. Accessed on: October 30, 2018.

FAHIMNIA, B.; SARKIS, J.; DAVARZANI, H. Green supply chain management: A review and bibliometric analysis. International Journal of Production Economics, v. 162, p. 101–114, April 1, 2015. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527315000067?via%3Dihub#f0010>. Accessed on: October 30, 2018.

HSU, K.-C.; LAI, T.-Y.; LI, C.-N. Why is there an urban pattern toward sprawling development? Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning, v. 169, n. 4, p. 200–208, August 19, 2016. Available at: <http://www.icevirtuallibrary.com/doi/10.1680/udap.14.00035>. Accessed on: October 25, 2018.

JAKOB, M. et al. Carbon Pricing Revenues Could Close Infrastructure Access Gaps. World Development, v. 84, p. 254–265, August 1, 2016. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X16000425>. Accessed on:October 23, 2018.

KENNEDY, L. The politics and changing paradigm of megaproject development in metropolitan cities. Habitat International, v. 45, p. 163–168, January 1, 2015. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019739751400109X>. Accessed on: October 25, 2018.

KUMAR, P.; IMAM, B. Footprints of air pollution and changing environment on the sustainability of built infrastructure. Science of The Total Environment, v. 444, p. 85–101, February 1, 2013. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712014829>. Accessed on: October 25, 2018.

MELL, I. C. Greening Ahmedabad-creating a resilient Indian city using a green infrastructure approach to investment Greening Ahmedabad-creating a resilient Indian city using a green infrastructure approach to investment. Landscape Research , v. 43, n. 3, p. 289–314, 2018. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=clar20>. Accessed on: October 25, 2018.

OLSSON, J. Improved road accessibility and indirect development effects: evidence from rural Philippines. Journal of Transport Geography, v. 17, n. 6, p. 476–483, November 1, 2009. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692308000884>. Accessed on: October 20, 2018.

PARDO-BOSCH, F.; AGUADO, A. Sustainability as the key to prioritize investments in public infrastructures. Environmental Impact Assessment Review, v. 60, p. 40–51, September 1, 2016. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925515300494>. Accessed on: October 25, 2018.

PASHA, M. et al. Effects of street pattern, traffic, road infrastructure, socioeconomic and demographic characteristics on public transit ridership. KSCE Journal of Civil Engineering, v. 20, n. 3, p. 1017–1022, April 12, 2016. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s12205-016-0693-6>. Accessed on: October 25, 2018.

PERSSON, O.; DANELL, R.; WIBORG SCHNEIDER, J. How to use Bibexcel for various types of bibliometric analysis. Celebrating scholarly communication studies: A Festschrift for Olle Persson at his 60th Birthday. 2009. . Available at: <http://umu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A232746&dswid=832>. Accessed on: October 26, 2018.

ROVOLIS, A.; SPENCE, N. Duality theory and cost function analysis in a regional context: the impact of public infrastructure capital in the Greek regions. The Annals of Regional Science, v. 36, n. 1, p. 55–78, February 1, 2002. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s001680100068>. Accessed on: October 20, 2018.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review. Management Research News, v. 27, n. 6, p. 31–39, 2004. Available at: <https://doi.org/10.1108/01409170410784185>. Accessed on: October 30, 2018.

SAKIB, N. et al. Addressing the Passenger Transport and Accessibility Enablers for Sustainable Development. Sustainability, v. 10, n. 4, p. 903, March 21, 2018. Available at: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/4/903>. Accessed on:October 23, 2018.

SALVINO, R. et al. Regional Growth and Transportation Infrastructure from Greenways to Public Transit. Review of Business, v. 38, n. 2, p. 74–86, 2018. Available at: <http://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=2060a44a-419b-488f-b34c-ada4c38ef5bc%40pdc-v-sessmgr05&bdata=JkF1dGhUeXBlPWlwLHNoaWlsc3NvLHVpZCZsYW5nPXB0LWJyJnNpdGU9ZWRzLWxpdmUmc2NvcGU9c2l0ZQ%3D%3D#AN=129631259&db=bth>. Accessed on: November 2, 2018.

SÁNCHEZ-OLLERO, J. L.; GARCÍA-POZO, A.; MARCHANTE-MERA, A. J. UNA APROXIMACIÓN AL IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA ALTA VELOCIDAD FERROVIARIA EN ANDALUCÍA. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, v. 64, n. 64, p. 341–356, 2014. Accessed on: ????

SCHÜTZE, F. et al. The Role of Sustainable Investment in Climate Policy. Sustainability, v. 9, n. 12, p. 2221, December 1, 2017. Available at: <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/12/2221>. Accessed on:October 23, 2018.

SCHWEIKERT, A. et al. The infrastructure planning support system: Analyzing the impact of climate change on road infrastructure and development. Transport Policy, v. 35, p. 146–153, September 1, 2014. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X14001188>. Accessed on: October 25, 2018.

SIERRA, L. A.; YEPES, V.; PELLICER, E. A review of multi-criteria assessment of the social sustainability of infrastructures. Journal of Cleaner Production, v. 187, p. 496–513, June 20, 2018. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306735>. Accessed on: October 20, 2018.

SILVER, J. The potentials of carbon markets for infrastructure investment in sub-Saharan urban Africa. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 13, p. 25–31, April 1, 2015. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343514001201>. Accessed on: October 25, 2018.

SMUTEK, J. Change of municipal finances due to suburbanization as a development challenge on the example of Poland. Bulletin of Geography. Socio-Economic Series, v. 37, p. 139–149, 2017. Available at: <https://content.sciendo.com/view/journals/bog/37/37/article-p139.xml>. Accessed on: October 25, 2018.

SNIESKA, V.; SIMKUNAITE, I. Socio-Economic Impact of Infrastructure Investments. ECONOMICS OF ENGINEERING DECISIONS, v. 63, n. 3, 2009. Available at: <http://inzeko.ktu.lt/index.php/EE/article/view/11638>. Accessed on: October 20, 2018.

SUN, Y.; CUI, Y. Evaluating the coordinated development of economic, social and environmental benefits of urban public transportation infrastructure: Case study of four Chinese autonomous municipalities. Transport Policy, v. 66, p. 116–126, August 1, 2018. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X1730656X>. Accessed on: October 20, 2018.

TAPTICH, M. N.; HORVATH, A. Freight on a Low-Carbon Diet: Accessibility, Freightsheds, and Commodities. Environmental Science & Technology, v. 49, n. 19, p. 11321–11328, October 6, 2015. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.5b01697>. Accessed on:October 23, 2018.

TAYLOR, M. A. P. Critical Transport Infrastructure in Urban Areas: Impacts of Traffic Incidents Assessed Using Accessibility-Based Network Vulnerability Analysis. Growth and Change, v. 39, n. 4, p. 593–616, December 1, 2008. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1468-2257.2008.00448.x>. Accessed on:October 23, 2018.

TONG, K. et al. Greenhouse gas emissions from key infrastructure sectors in larger and smaller Chinese cities: method development and benchmarking Greenhouse gas emissions from key infrastructure sectors in larger and smaller Chinese cities: method development and benchm. Carbon Management , v. 7, n. 1–2, p. 27–39, 2016. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=tcmt20>. Accessed on:October 23, 2018.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. 2013. British Journal of Management. [s.l: s.n.]. Available at: <https://www.cebma.org/wp-content/uploads/Tranfield-et-al-Towards-a-Methodology-for-Developing-Evidence-Informed-Management.pdf>. Accessed on: October 30, 2018.

TUROK, I. Getting urbanization to work in Africa: the role of the urban land-infrastructure-finance nexus. Area Development and Policy, v. 1, n. 1, p. 30–47, 2016. Available at: <http://rsa.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=rard20>. Accessed on: October 25, 2018.

USTAOGLU, E.; WILLIAMS, B.; PETROV, L. Scenario Analysis of Alternative Land Development Patterns for the Leipzig-Halle Region: Implications for Transport-Land-Use Sustainability. Urban Planning, v. 2, n. 1, p. 108, April 5, 2017. Available at: <https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/view/838>. Accessed on: October 25, 2018.

VAN WEE, B.; JANSE, P.; VAN DEN BRINK, R. Comparing energy use and environmental performance of land transport modes. Transport Reviews, v. 25, n. 1, p. 3–24, 2007. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ttrv20>. Accessed on:October 23, 2018.

VERMEIREN, K. et al. Who could benefit from a bus rapid transit system in cities from developing countries? A case study from Kampala, Uganda. Journal of Transport Geography, v. 47, p. 13–22, July 1, 2015. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692315001295>. Accessed on:October 23, 2018.

VOGT-SCHILB, A.; HALLEGATTE, S. Climate Policies and Nationally Determined Contributions: Reconciling the Needed Ambition with the Political EconomyIDB WORKING PAPER SERIES. [s.l: s.n.]. Available at: <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/8319/Climate-Policies-and-Nationally-Determined-Contributions-Reconciling-the-Needed-Ambition-with-the-Political-Economy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Accessed on:October 23, 2018.

VOGT-SCHILB, A.; MEUNIER, G.; HALLEGATTE, S. When starting with the most expensive option makes sense: Optimal timing, cost and sectoral allocation of abatement investment. Journal of Environmental Economics and Management, v. 88, p. 210–233, March 1, 2018. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0095069617308392>. Accessed on: October 20, 2018.

VUČKOVIĆ, S. Đ. et al. The development of transport infrastructure and attitudes of the local population: a case study from the Republic of Serbia The development of transport infrastructure and attitudes of the local population: a case study from the Republic of Serbia. Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography, v. 118, n. 1, p. 101–113, 2018. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=rdgs20>. Accessed on:October 23, 2018.

WAISMAN, H.; GUIVARCH, C.; LECOCQ, F. The transportation sector and low-carbon growth pathways: modeling urban, infrastructure and spatial determinants of mobility. Climate Policy, v. 13, n. 1, p. 106–129, 2013. Available at: <https://hal-enpc.archives-ouvertes.fr/hal-00799119>. Accessed on: October 20, 2018.

WANG, L. et al. The Impacts of Transportation Infrastructure on Sustainable Development: Emerging Trends and Challenges. International journal of environmental research and public health, v. 15, n. 6, June 5, 2018. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29874785>. Accessed on: October 20, 2018.

WIESEL, I.; LIU, F.; BUCKLE, C. Locational disadvantage and the spatial distribution of government expenditure on urban infrastructure and services in metropolitan Sydney (1988-2015). Geographical Research, v. 56, n. 3, p. 285–297, August 1, 2018. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/1745-5871.12245>. Accessed on: October 25, 2018.

XIA, J. et al. A multi-dimensional view of transport-related social exclusion: A comparative study of Greater Perth and Sydney. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 94, p. 205–221, December 1, 2016. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415300811>. Accessed on: October 20, 2018.

XIE, R.; FANG, J.; LIU, C. The effects of transportation infrastructure on urban carbon emissions. Applied Energy, v. 196, p. 199–207, June 15, 2017. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917300223>. Accessed on: October 20, 2018.

XU, M.; GRANT-MULLER, S.; GAO, Z. Implementation effects and integration evaluation of a selection of transport management measures in Beijing. Case Studies on Transport Policy, v. 5, n. 4, p. 604–614, December 1, 2017. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213624X17302808>. Accessed on: October 20, 2018.

YANG, C.H.; LEE, K.C.; CHEN, H.C. Incorporating carbon footprint with activity-based costing constraints into sustainable public transport infrastructure project decisions. Journal of Cleaner Production, v. 133, p. 1154–1166, October 1, 2016. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616306825>. Accessed on: October 25, 2018.

YORK, T. A. et al. Infrastructure implications of a green economy transition in the Western Cape Province of South Africa: A system dynamics modelling approach. Development Southern Africa, v. 34, n. 5, p. 529–547, 2017. Available at: <http://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=cdsa20>. Accessed on:October 23, 2018.

YUAN, H. Achieving Sustainability in Railway Projects: Major Stakeholder Concerns. Project Management Journal, v. 48, n. 5, p. 115–132, October 1, 2017. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/875697281704800508>. Accessed on: October 25, 2018.

YUAN, J. et al. Social Risk Factors of Transportation PPP Projects in China: A Sustainable Development Perspective. International journal of environmental research and public health, v. 15, n. 7, June 24, 2018. Available at: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29937535>. Accessed on: October 20, 2018.

ZEMBRI-MARY, G. Planning transport infrastructures in an uncertain context. Analysis and limits to contemporary planning in France. European Transport Research Review, v. 9, n. 4, p. 51, December 18, 2017. Available at: <http://link.springer.com/10.1007/s12544-017-0266-4>. Accessed on:October 23, 2018.

ZHANG, R. et al. Contribution of the transport sector to climate change mitigation: Insights from a global passenger transport model coupled with a computable general equilibrium model. Applied Energy, v. 211, p. 76–88, February 1, 2018. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917315490>. Accessed on: October 20, 2018.

ZHANG, S. et al. Decomposition Analysis of Energy-Related CO_2 Emissions and Decoupling Status in China's Logistics Industry. Sustainability, v. 10, n. 5, p. 1340, April 25, 2018. Available at: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1340>. Accessed on: October 20, 2018.

ZHENG, B. et al. Infrastructure Shapes Differences in the Carbon Intensities of Chinese Cities. Environmental Science & Technology, v. 52, n. 10, p. 6032–6041, May 15, 2018. Available at: <http://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b05654>. Accessed on: October 20, 2018.

ZHOU T, ZHOU Y, LIU G. Key Variables for Decision-Making on Urban Renewal in China: A Case Study of Chongqing. Sustainability. 2017; 9(3):370. Accessed on: ????

ZHU, Z. et al. CO_2 emissions from the industrialization and urbanization processes in the manufacturing center Tianjin in China. Journal of Cleaner Production, v. 168, p. 867–875, December 1, 2017. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617319595>. Accessed on: October 20, 2018.

ZUPIC, I.; CATER, T. ˇ. Bibliometric Methods in Management and Organization. Organizational Research Methods, v. 18, n. 3, p. 429-472, 2015. Available at: <http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1094428114562629>. Accessed on: October 30, 2018.

ARTIGO 5



CORREDORES MULTIMODAIS PARA EXPORTAÇÃO DE GRÃOS NO MATO GROSSO: UMA ANÁLISE DE CONCORRÊNCIA

Thiago Guilherme Péra
USP

José Vicente Caixeta-Filho
USP

RESUMO

O Mato Grosso, principal estado produtor de grãos, apresenta um déficit logístico que reduz a sua competitividade. A expansão do sistema ferroviário na região é fundamental para redução dos seus custos logísticos e fortalecimento da competitividade. O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise de demanda dos corredores multimodais de exportação de grãos, envolvendo o corredor atual de Rondonópolis para Santos, bem como, analisar a demanda de três projetos futuros em discussão, envolvendo: a criação da Ferrogrão, a expansão da ferrovia Malha Norte e a construção da Ferrovia Paraense. O principal resultou ilustrou que os corredores de Rondonópolis, Ferrogrão e Malha Norte são importantes para redução dos custos, entretanto, é fundamental a redução dos preços dos fretes ferroviários para expandir a demanda nos corredores.

Palavras-chave: Logística. Ferrovia. Corredor Logístico. Grãos. Demanda.

ABSTRACT

Mato Grosso, the main grain producing state, presents a logistical deficit that reduces its competitiveness. The expansion of the rail system in the region is fundamental for reducing its logistics costs and strengthening competitiveness. The objective of this research was to perform a demand analysis of the multimodal grain export corridors, involving the current corridor of Rondonópolis to Santos, as well as to analyze the demand of three future projects under discussion, involving: the creation of Ferrogrão, the expansion of railroad Malha Norte and the construction of the Ferrovia Paraense. The main result was illustrated that the corridors of Rondonópolis, Ferrogrão and Malha Norte are important to reduce costs, however, it is fundamental to reduce the prices of rail freight to expand the demand in the corridors.

Keywords: Logistics. Railwau. Logistics Corridor. Grains. Demand.

1. INTRODUÇÃO

A logística do agronegócio é fundamental para aumentar a competitividade do agronegócio brasileiro. O Mato Grosso é notoriamente reconhecido pelas suas grandes contribuições no agronegócio brasileiro e mundial, principalmente relacionado à soja e ao milho, as quais apresentam uma grande importância para a economia brasileira, pelo fato destas culturas somarem mais de duzentos milhões de toneladas produzidas. Especificamente ainda, o estado do Mato Grosso é o mais emblemático em termos de condições logísticas para escoar sua produção, por apresentar uma concentração de movimentação em longas distâncias, utilizando o modal rodoviário, em condições muitas vezes precárias. Nesse contexto, a expansão do sistema ferroviário neste estado é de elevada importância para reduzir os custos logísticos. Uma série de novos corredores de exportação de grãos tem sido discutida para avaliar o potencial de ganhos econômicos para o agronegócio regional do Mato Grosso, entretanto, sabe-se que a competitividade destas infraestruturas depende dos níveis de preços de fretes a serem cobrados, os quais competem que outros corredores logísticos já existentes.

Diante deste contexto, o objetivo desta pesquisa é realizar uma análise de demanda dos corredores multimodais de exportação de grãos, envolvendo o corredor atual de Rondonópolis para Santos, bem como, analisar a demanda de três projetos futuros em discussão, envolvendo: a criação da Ferrogrão, a expansão da ferrovia Malha Norte e a construção da Ferrovia Paraense.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A LOGÍSTICA DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO

A logística envolve o planejamento e operações de sistemas físicos, informacionais e gerenciais para que os fluxos, a armazenagem de mercadorias (insumos e produtos) e serviços vençam condicionantes espaciais e temporais de forma econômica e eficiente desde o ponto de origem até o consumo, visando atender às exigências dos clientes (DASKIN, 1985; BALLOU, 2005; CLM, 2015). Especificamente a agrologística diz respeito em fazer com que os produtos e insumos do sistema agroindustrial cheguem ao lugar certo, nas condições adequadas e que se gaste o mínimo possível com todas as atividades envolvidas, tais como, transporte, armazenagem/estoque e informação. (Adaptado de CAIXETA-FILHO; GAMEIRO, 2001; VORST et al., 2007).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2017), a produção no ano de 2017 de uma série de produtos agrícolas no país totalizou 1,082 bilhão de toneladas com projeções de um aumento de 23,6% para os próximos dez anos, podendo atingir um patamar na ordem de 1,338 bilhão

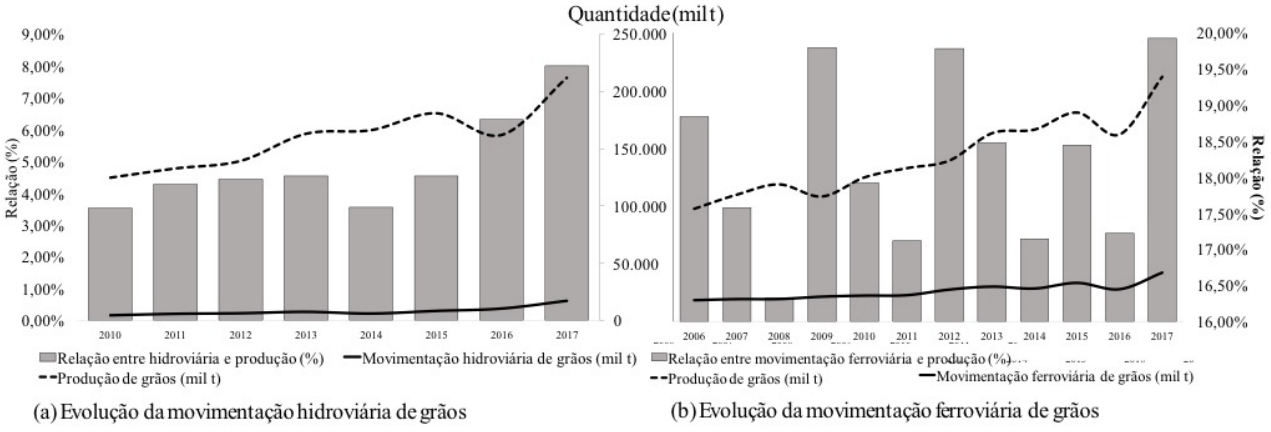
de toneladas. Pelo fato do transporte ser uma função derivada da produção (MCCARTHY, 2001), tal tonelagem da produção agrícola no país se reverte em cargas que demandam atividades logísticas tais como transporte e armazenagem. Especificamente ainda, um crescimento na ordem de 300 milhões de toneladas nos próximos dez anos, invariavelmente, trará uma pressão maior no uso da infraestrutura logística do país.

Um realizado pelo Grupo de Pesquisa e Extensão em Logística Agroindustrial – ESALQ-LOG (2018), o montante das principais cargas da agropecuária do país gerou uma receita na ordem R$ 836,3 bilhões, sendo que o custo de transporte estimado para movimentação neste sistema foi na ordem de R$ 99,93 bilhões e o custo de armazenagem na ordem de R$ 13,36 bilhões, implicando um custo logístico total de R$ 112,98 bilhões, ou seja, um impacto de 13,51% na receita gerada. Especificamente ainda, o número de serviços de transporte rodoviário para movimentar toda essa carga agropecuária atingiu patamares de 28,80 milhões.

No Brasil, a oferta de infraestrutura de transporte apresenta 1,563 milhão de quilômetros de rodovias (apenas 13,5% são pavimentadas), 30 mil quilômetros de ferrovias (somente um terço em operação comercial), 41,6 mil quilômetros de hidrovias navegáveis (22 mil quilômetros de vias economicamente navegáveis), de acordo com estatísticas da Confederação Nacional do Transporte – CNT (2017).

Em 2010, a produção de grãos no Brasil atingiu o patamar de 124,7 milhões de toneladas (CONAB, 2018), enquanto que a movimentação ferroviária de grãos girava em torno de 22,3 milhões de toneladas (equivalente a 17,9% da produção) em todo o sistema ferroviário (AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT, 2018) e a movimentação na hidrovia girava em torno de 4,3 milhões de toneladas - equivalente a 3,5% da produção (AGÊNCIA NACIONAL DO TRANSPORTE AQUAVIÁRIO – ANTAQ, 2018). Em 2017, a produção de grãos aumentou para 211,8 milhões de toneladas, a movimentação de grãos na ferrovia aumento para 42,2 milhões de toneladas (19,9% da produção) e na hidrovia para 16,9 milhões de toneladas (8,0% da produção). Dessa forma, durante o período de 2010 a 2017, observou-se uma efetiva diversificação da matriz de transporte para grãos, conforme retrata a Figura 1.

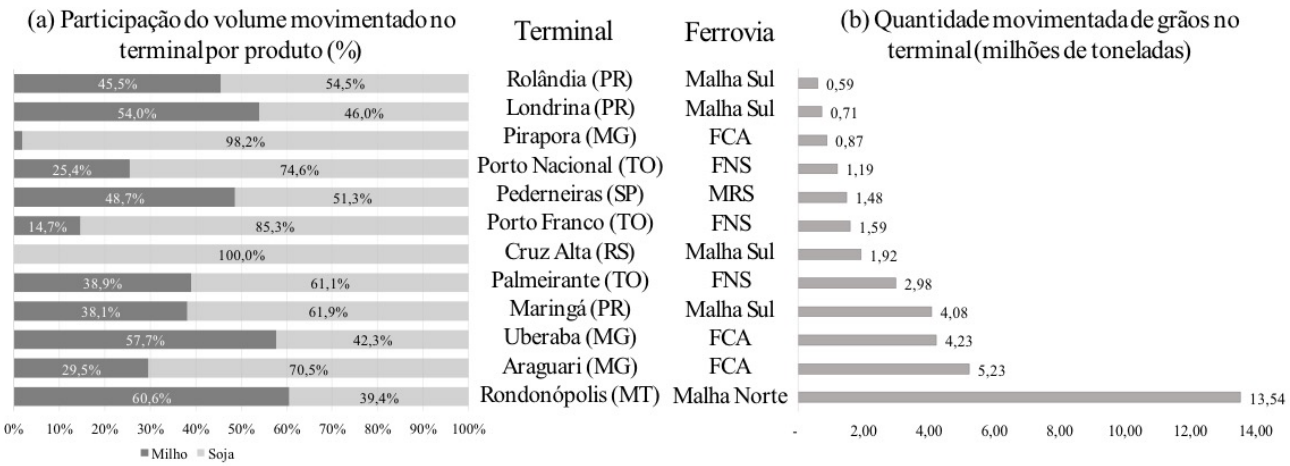
Figura 1 – Evolução da produção de grãos vs. movimentação de grãos na hidrovia (a) e na ferrovia (b)



Fonte: Elaborado pelos autores com base em informações da ANTT (2018), ANTAQ (2018) e CONAB (2018)

De acordo com a ANTT (2017), o terminal localizado no estado do Mato Grosso, especificamente em Rondonópolis, foi o responsável por movimentar a maior quantidade de grãos em 2017, atingindo um volume de 13,54 milhões de toneladas - 32,1% de toda a quantidade movimentada na ferrovia. A Figura 2 apresenta os principais terminais ferroviários, em nível de município, responsáveis por movimentar mais de 90% de grãos na ferrovia brasileira e as respectivas participações de soja e milho em 2017.

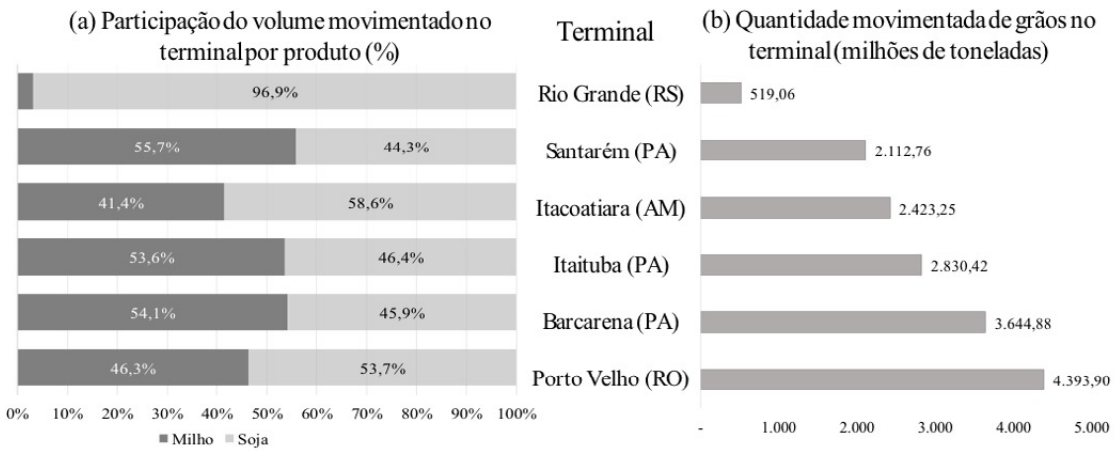
Figura 2 – (a) Participação do volume movimentado nos terminais por produto e (b) quantidade movimentada de grãos nos terminais ferroviários



Fonte: Elaborado pelos autores com base em informações da ANTT (2018)

Em relação ao modal hidroviário, o município de Porto Velho, localizado em Rondônia, foi o que apresentou a maior quantidade movimentada de grãos, atingindo o patamar na ordem de 4,3 milhões de toneladas – responsável por movimentar 25,4% de toda a quantidade na hidrovia (ANTAQ, 2018). A Figura 3 apresenta os municípios que movimentaram mais de 90% da quantidade total de grãos na hidrovia em 2018.

Figura 3 – (a) Participação do volume movimentado nos terminais por produto e (b) quantidade movimentada de grãos nos terminais hidroviários



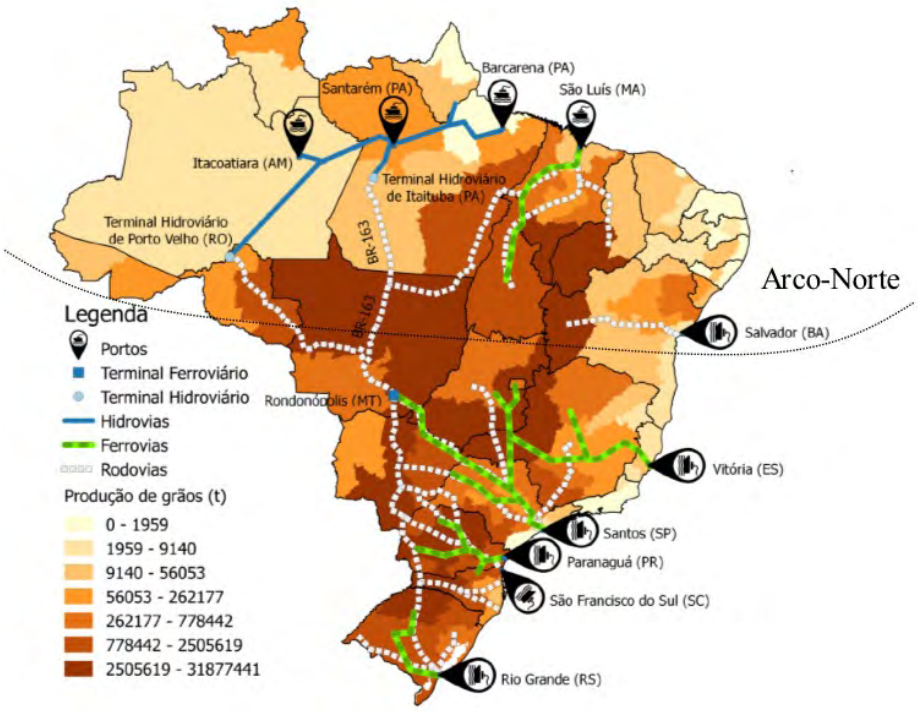
Fonte: Elaborado pelos autores com base em informações da ANTAQ (2018)

2.2. ATUAIS CORREDORES LOGÍSTICOS DE EXPORTAÇÃO DE GRÃOS NO BRASIL E NO MATO GROSSO

Os corredores de transporte são definidos como segmentos dos sistemas de transporte, ligando áreas ou localidades, entre os quais ocorre demanda por transporte para viabilizar fluxos de mercadoria (BARAT, 1972).

Nesse contexto, o corredor logístico de exportação de grãos pode ser definido como sendo a integração de sistemas de transportes de diferentes modais (rodovias, ferrovias e hidrovias) com o sistema portuário (portos). A Figura 4 apresenta os corredores logísticos de exportação de grãos no Brasil, com uma ênfase mais detalhada para os corredores do Mato Grosso.

Figura 4 – Corredores logísticos de exportação do Brasil com ênfase no Mato Grosso.



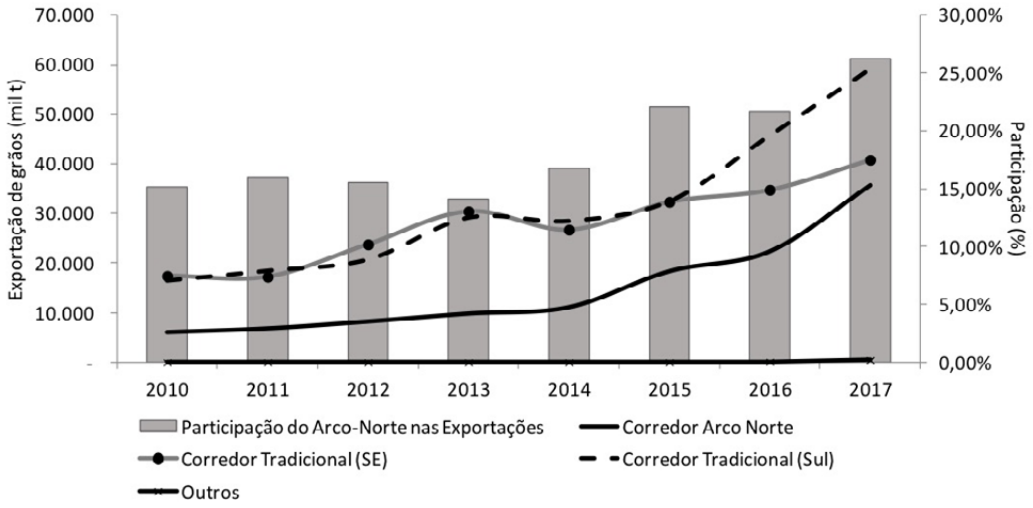
Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados do ESALQ-LOG (2017) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2017).

Tem se destacado o chamado Arco-Norte brasileiro, envolvendo um complexo de rodovias, hidrovias e portos – particularmente destacado no mapa da Figura 4 na área superior da linha tracejada. Tal região envolve a utilização dos portos da região Norte (Itacoatiara/Manaus, Santarém e Barcarena/Belém) e da região Nordeste (São Luís e Salvador). Especificamente ainda, existe uma integração hidroviária do rio Tapajós a partir de Itaituba (PA) até Santarém (PA) ou Barcarena (PA), passando pelo rio Amazonas; bem como, uma integração hidroviária do rio Madeira a partir de Porto Velho (RO) até Itacoatiara/Manaus (AM), Santarém (PA) ou Bararena/Belém (PA), passando pelo rio Amazonas.

No período de 2010 a 2017, as exportações de grãos do Arco-Norte brasileiro cresceram 491%, enquanto que o corredor tradicional de exportação do sudeste (Santos e Vitória) cresceram 134% e o corredor tradicional do Sul (Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande) cresceram 262%, frente ao aumento de quase 70% da produção no mesmo período

(SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR – SECEX, 2018). Além disso, a participação das exportações de grãos pelos portos do Arco-Norte passou de 15,1% em 2010 para 26,2% em 2017. A Figura 5 apresenta a evolução das exportações de grãos por corredores e a participação das exportações do Arco-Norte.

Figura 5 – Evolução das exportações de grãos por corredores logísticos.



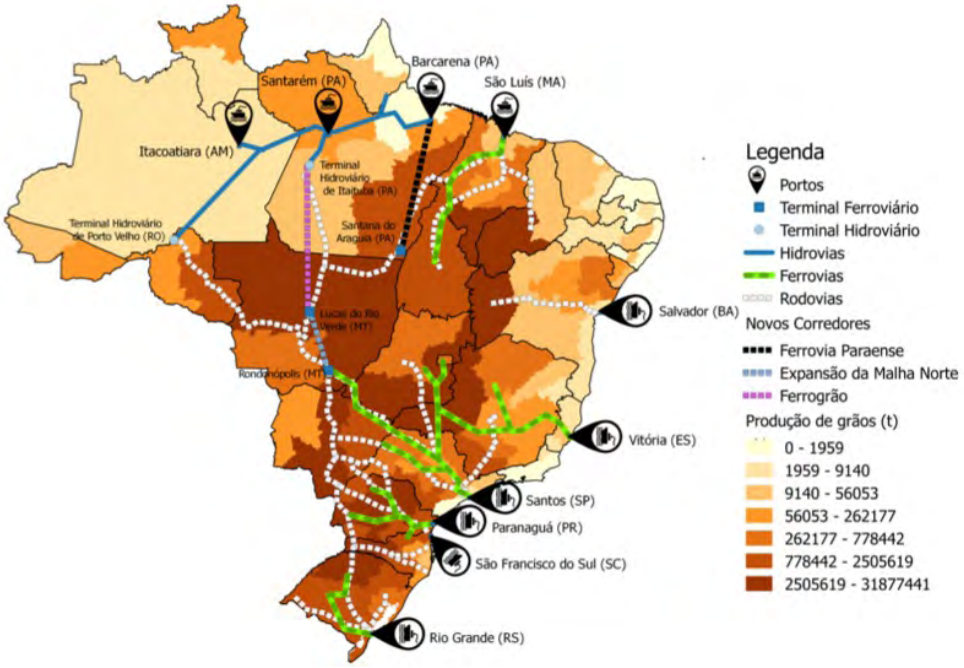
Corredor Tradicional (SE): agregam os portos de Santos e Paranaguá. Corredor Tradicional (Sul): agregam os portos de Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande. Corredor Arco-Norte: agregam os portos de Itacoatiara/Manaus, Barcarena/Belém, Santarém, São Luís e Salvador.

Fonte: Elaborado pelos autores com base em dados da SECEX (2018)

2.3. NOVOS CORREDORES LOGÍSTICOS DE EXPORTAÇÃO DE GRÃOS NO MATO GROSSO

A Figura 6 apresenta os novos corredores logísticos de exportação de grãos no Mato Grosso que têm sido discutidos, envolvendo: a Ferrogrão (destacada em roxo no mapa), a expansão da Ferrovia da ALL Malha Norte de Rondonópolis para Lucas do Rio Verde (destacado em azul) e a Ferrovia Paraense (destacada em preto).

Figura 6 – Novos e atuais corredores logísticos de exportação de grãos



Fonte: Elaborado pelos autores

O projeto "Ferrogrão", tecnicamente conhecido como Estrada de Ferro (EF) – 170, faz parte do Programa de Parcerias de Investimentos (PPI) do Governo Federal, aprovado em 2016 (BRASIL, 2018). Especificamente ainda, o projeto objetivar construir um corredor ferroviário de exportação de grãos para o Arco-Norte brasileiro a partir de um terminal ferroviário no estado do Mato Grosso – inicialmente previsto para Sinop, entretanto com possibilidade de se localizar em Lucas do Rio Verde – até o terminal hidroviário de Itaituba/ Mirituba localizado no Pará, para posterior integração no porto de Santarém (PA) e/ ou Barcarena (PA). De acordo com Brasil (2018), é prevista uma movimentação de grãos na ordem de 42 milhões de toneladas em 2050.

A Malha Norte da concessionária da Rumo América Latina Logística (RUMO-ALL) conecta o importante terminal ferroviário de Rondonópolis (MT) até o porto de Santos (SP). Nesse contexto, existe uma possibilidade desta malha ser estendida para regiões importantes do Mato Grosso como Cuiabá ou Lucas do Rio Verde, inclusive a própria companhia tem demonstrado interesse formal junto com a agência reguladora e agentes econômicos da região do Mato Grosso (MATO GROSSO ECONÔMICO, 2017).

O projeto da Ferrovia Paraense envolve a construção de uma nova ferrovia através de concessão, a qual irá conectar importantes regiões do Pará até o Porto de Vila do Conte em Barcarena (PA) em uma extensão de 1.312 quilômetros (SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, MINERAÇÃO E ENERGIA – SEDEME, 2018). Nesse contexto, existe a possibilidade desta ferrovia captar cargas da região do nordeste mato-grossense.

2.4. A OFERTA E A DEMANDA DO TRANSPORTE: UMA ABORDAGEM MICROECONÔMICA

De acordo com o modelo formulado por McCarthy (2001), considerando uma economia com dois bens envolvendo transporte (T) e outros bens de consumos (x) e considerando que ambos são desejáveis e perfeitamente divisíveis, tem-se que a demanda ótima de um

agente econômico (T*) depende do preço do transporte (pt), do preço dos outros bens de consumos (px), do ambiente econômico – representado por sua renda (Y) e dos seus gostos e preferências caracterizados pela função utilidade (Ø). A Equação 1 apresenta a função de demanda individual para o transporte:

$$T^* = T(p_t, p_x, Y; \varnothing)$$

Para N agentes econômicos nesta economia, a demanda de mercado (DT) é a soma horizontal das demandas individuais, apresentado pela Equação 2:

$$D_T(p_t, p_x, Y_1, \ldots, Y_N; \varnothing_1, \ldots \varnothing_N) = \sum_{i=1}^{N} T(p_t, p_x, Y_i; \varnothing_i)$$

A demanda do mercado para T depende do preço do transporte e do preço de outros bens de consumo, das utilidades individuais dos agentes e da renda agregada (Y^a). A demanda de mercado para o transporte em função do preço de transporte é apresentada pela Equação 3, mantendo-se constante os preços de outros bens (p_x) e a renda agregada (Y^a).

$$D_T(p_t) = D_T(p_t, (\overline{p_x}), (\overline{Y^a}); \varnothing_1, \ldots \varnothing_N)$$

Dessa forma, a Figura 7 apresenta a curva de demanda de demanda em função do preço do transporte, bem como situações de variações de demanda em decorrência de fatores de aumento e redução de demanda.

A Tabela 1 apresenta os principais fatores de aumento e redução de demanda de transporte, em decorrência do modelo econômico avaliado.

Figura 7 – Curva de demanda de transporte em função do preço.

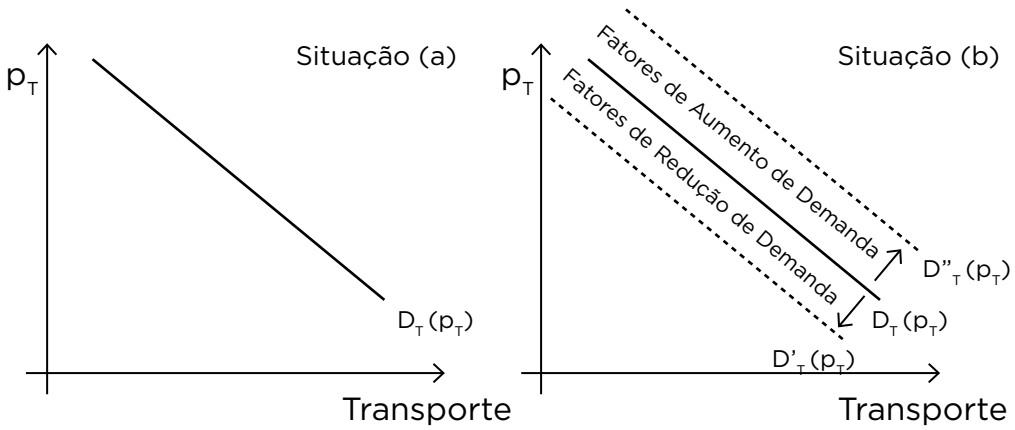


Tabela 1 – Fatores de aumento e redução de demanda de transporte D_T

Fatores de aumento da demanda de DT (pT) para D"T (pT)	Fatores de redução da demanda de DT (pT) para D'T (pT)
Aumento na renda	Redução da renda
Aumento da população	Redução da população
Redução do preço dos bens complementares	Aumento do preço dos bens complementares
Aumento dos preços dos bens substitutos	Redução dos preços dos bens substitutos
Redução das taxas do transporte	Aumento nas taxas do transporte
Aumento na preferência pelo produto Transporte	Redução na preferência pelo produto Transporte

Fonte: McCarthy (2001).

O lucro da firma de transporte no longo prazo (ϖL) depende do preço do transporte (p) e do custo total de longo prazo (CTLP), o qual depende do nível de produção do transporte (T), do nível tecnológico (γ) e dos preços dos insumos relacionados ao

trabalho (w) e ao capital (r).

$$\pi_L = pT - CT^{LP}(T; w, r, \gamma)$$

Na condição de máximo lucro da equação 4, obtém-se que o preço do transporte deve ser igual ao custo marginal de longo prazo (CMgLP).

$$\frac{\partial \pi_L}{\partial T} = 0$$

$$p = CMg^{LP}(T; w, r, \gamma)$$

Portanto, diante de um determinado preço p no longo prazo, a firma continuará a vender unidades de transporte, desde que o preço seja pelo menos igual ao custo marginal de longo prazo. Dessa maneira, de forma a estabelecer uma relação entre o nível ótimo de produção (T) e o seu preço, mantidos constantes os preços dos insumos e o nível tecnológico, chega-se na seguinte Equação (6):

$$T^*(p) = \begin{cases} T^{LP}(p; w, r, \gamma), & caso\ p \geq CMg^{LP}(T; w, r, \gamma) \\ 0, & caso\ p < CMg^{LP}(T; w, r, \gamma) \end{cases}$$

A função da oferta de mercado de transporte no longo prazo é formada com a soma das F firmas existentes de transporte. Mantendo-se constantes os preços de insumos e o estado de tecnologia, a curva de custo marginal de longo prazo para cada empresa é inclinada para cima, enquanto o preço da oferta de mercado no longo prazo também terá uma inclinação positiva, conforme apresentado pela Equação 7.

$$S_T^{LP}(p) = \sum_{j=1}^{F} T_{f=1}^{LP}(p; w, r, \gamma)$$

A Figura 8 apresenta a curva da oferta de transporte no longo prazo, em função do preço do transporte.

A Tabela 2 apresenta os principais fatores de aumento e redução da oferta de transporte, em decorrência do modelo econômico avaliado.

Figura 8 – Curva de oferta de transporte em função do preço

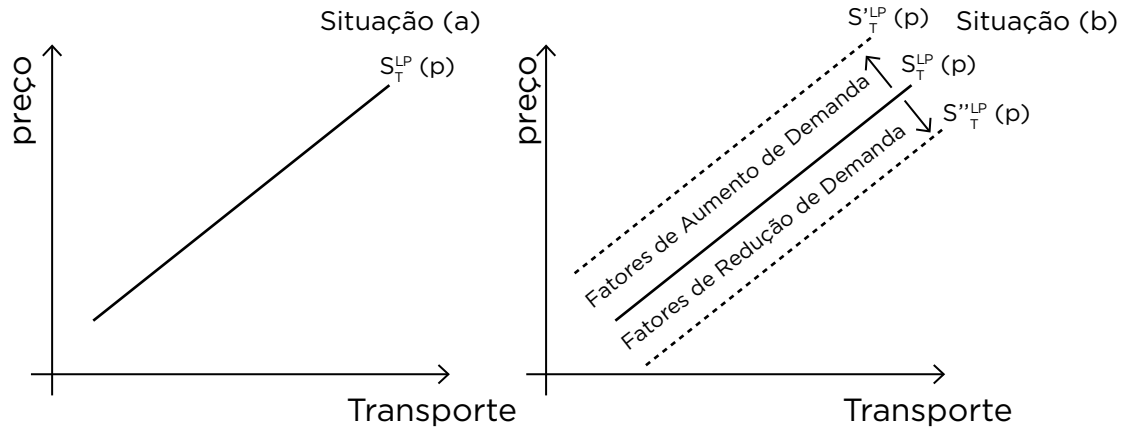


Tabela 2 – Fatores de aumento e redução de oferta de transporte

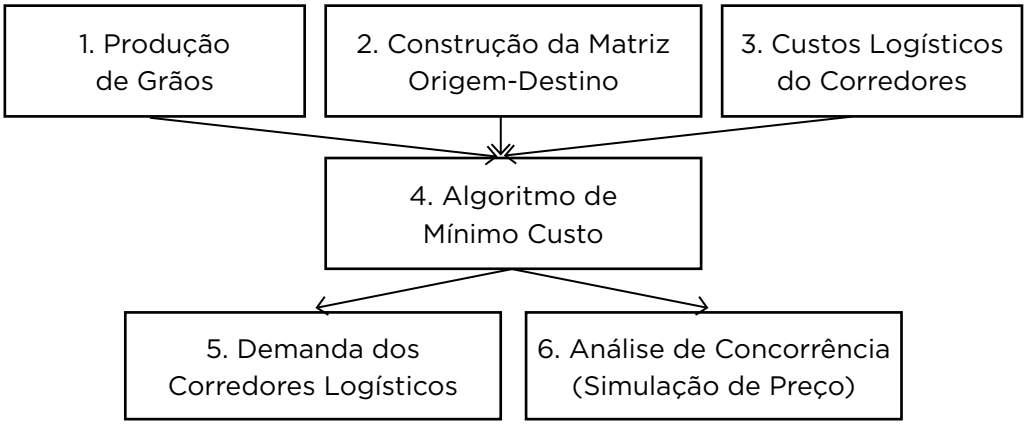
Fatores de aumento da oferta de S_T^{LP} (p) para S''^{LP}_T (p)	Fatores de redução da oferta de S_T^{LP} (p) para S'^{LP}_T (p)
Aumento no número de firmas	Redução do número de firmas
Redução nos preços dos insumos de produção	Aumento nos preços dos insumos de produção
Aumento nos subsídios dados para o transporte T	Redução dos subsídios do transporte T
Redução das taxas no transporte T	Aumento nas taxas do transporte T
Melhorias na tecnologia γ	

Fonte: McCarthy (2001)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Como o objetivo desta pesquisa é avaliar a demanda dos atuais e novos corredores multimodais de exportação de grãos, foi estruturando um método de análise envolvendo um seis itens importantes, conforme destacado na Figura 9. O recorte espacial de análise desta pesquisa foi em nível de município enquanto que o recorte temporal foi para o ano de 2016.

Figura 9 – Esquema representativo do Método utilizado na pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Etapa 1 desta pesquisa consistiu do levantamento de informações de produção de soja e milho (grãos) de todos os 141 municípios produtores do estado do Mato Grosso, envolvendo as informações disponibilizadas pelo IBGE (2018).

A Etapa 2 envolveu a construção de uma matriz de possibilidades entre origem e destinos. Nesta etapa, para cada município produtor de grãos do Mato Grosso, foram combinadas possibilidades de movimentar os produtos para exportação por todas as combinações de exportação atuais e os novos corredores. Foram 1.974 combinações possíveis para utilização dos corredores.

A Etapa 3 consistiu em estimar os preços de fretes rodoviários, ferroviários e hidroviários. Dessa forma, para toda a matriz de possibilidade estabelecida na etapa anterior, foi construída uma matriz de distâncias rodoviárias, ferroviárias e hidroviárias utilizando o software sistema de informação geográfico (SIG) denominado TransCAD ®. Na sequência, a partir da consulta à base de dados do Sistema de Informações de Fretes (SIFRECA) vinculado ao ESALQ-LOG, foram construídos modelos econométricos de estimativa de preços de fretes. É importante destacar que os comportamentos de preços de fretes para fluxos entre origens e terminais e entre origens e portos são distintos, conforme Branco (2008) discute e sugere inclusive métodos distintos para estimativas.

Os preços de fretes rodoviários entre as origens e os terminais foram estimados a partir da regressão apresentada na Equação 8, conforme proposto por Branco (2008):

$$\ln(Frete_{ij}) = a + b\ln(distância_{ij})$$

$$Frete_{ij} = e^{a} \cdot distância_{ij}^{b}$$

Onde:

Frete$_{ij}$: preço do frete rodoviário estimado de grãos em R$/t;

distância$_{ij}$: distância rodoviária entre a origem i e o destino j.

Os preços de fretes rodoviários entre as origens e os portos de exportação foram estimados a partir da regressão linear apresentada na Equação 9.

$$Frete_{ij} = a + b\,distância_{ij}$$

De acordo com Branco et al. (2011), os preços de fretes ferroviários e hidroviários no agronegócio são formados a partir de descontos nos preços de fretes rodoviários – normalmente, exigido pelos embarcadores para escolher um modal alternativa que muitas vezes é mais demorado do que o rodoviário. Segundo os autores, o desconto médio do rodoviário praticado pelo mercado para ferrovia é 31 a 42%, enquanto que para a ferrovia o desconto médio é na ordem de 42 a 49%. No caso dos preços de fretes ferroviário nesta pesquisa, os mesmos serão simulados para avaliar diferentes demandas potenciais dos corredores, quando ocorreu fixação de preço o desconto rodoviário adotado foi de 25%. Especificamente para o preço do frete hidroviário, adotou-se um desconto na ordem de 49%.

A Etapa 4 consistiu em estruturar um algoritmo de mínimo custo para alocação nos corredores logísticos de interesse. Na Etapa 4, foi construído um algoritmo de mínimo custos para alocação dos fluxos de transporte, pois não envolve restrição de capacidade para o corredor logístico. É importante destacar, que o volume máximo alocado para cada solução é a produção de grãos, inferindo em analisar o potencial máximo de captação de cargas nas soluções. O procedimento envolve:

- **Passo 1:** Seleciona-se um determinado município de grãos.
- **Passo 2:** Seleciona-se o corredor logístico de menor custo a partir dos fretes estimados (rodoviário ou multimodal) para este município.
- **Passo 3:** Aloca-se toda a produção neste corredor logístico (independente da capacidade de transporte).
- **Passo 4:** Repete-se o procedimento até que todos os centroides tenham alocação de fluxo.

A Etapa 5 consistiu em analisar o resultado do algoritmo somando toda a alocação de fluxos de carga nos corredores de interesse para estimar a demanda total do mesmo para o nível de preço estabelecido.

Na Etapa 6, foram realizadas novas simulações variando os preços de fretes ferroviários de 0% a 50% de desconto em relação ao rodoviário, bem como, inserindo corredores logísticos concorrenciais de forma a avaliar eventuais perdas e ganhos de demanda.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados dos coeficientes das regressões de preços de fretes avaliadas e utilizadas nesta pesquisa.

Tabela 3 – Resultados dos coeficientes das regressões de preços de fretes rodoviários.

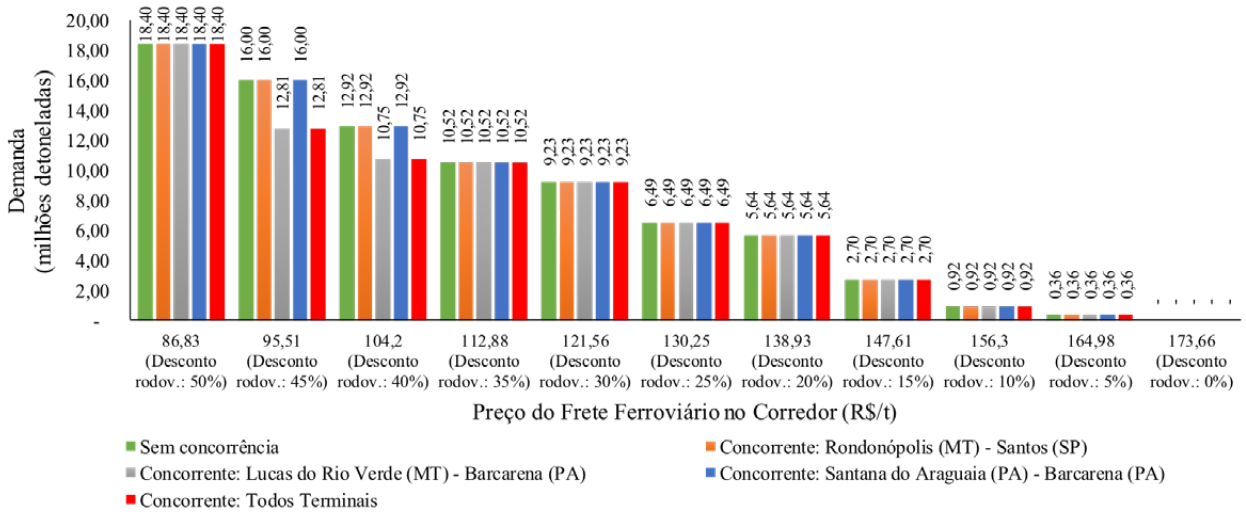
Coeficientes	Rodoviários de exportação	Rodoviários para terminais
a	40,71155***	0,478218***
b	0,092473***	0,64992***
R-quadrado	0,834	0,728

***p-valor <0.01

Fonte: resultados da pesquisa.

O primeiro conjunto de resultados apresenta a análise de concorrência do corredor multimodal de Rondonópolis (MT) para Santos (MT). A Figura 10 apresenta a demanda do corredor logístico em função de diferentes níveis de preços de fretes ferroviários (dados como um desconto do preço do frete rodoviário para o mesmo fluxo) e para diferentes estados de concorrências de corredores. Nesse sentido, é interessante notar que a maior demanda no corredor (18,4 milhões de toneladas) ocorre para um preço de frete ferroviário formado por um desconto de 50% do preço do frete rodoviário. Nas simulações de concorrência, é interessante notar que na maior parte dos cenários avaliados, o corredor objeto de análise não perdeu demanda para outros corredores logísticos, mostrando que investimentos em novos corredores não irão impactar a sua demanda de forma significativa. No ano de 2017, este corredor movimentou algo em torno de 13 milhões de toneladas de grãos. Pelos resultados da simulação realizada, o preço do frete ferroviário cobrado para movimentar 13 milhões de toneladas em uma situação sem concorrência é de R$ 104,20 por tonelada – equivalente a um desconto de 40% no preço do frete rodoviário. A Figura 10 apresenta a análise da demanda do corredor multimodal ferroviário de Rondonópolis para Santos.

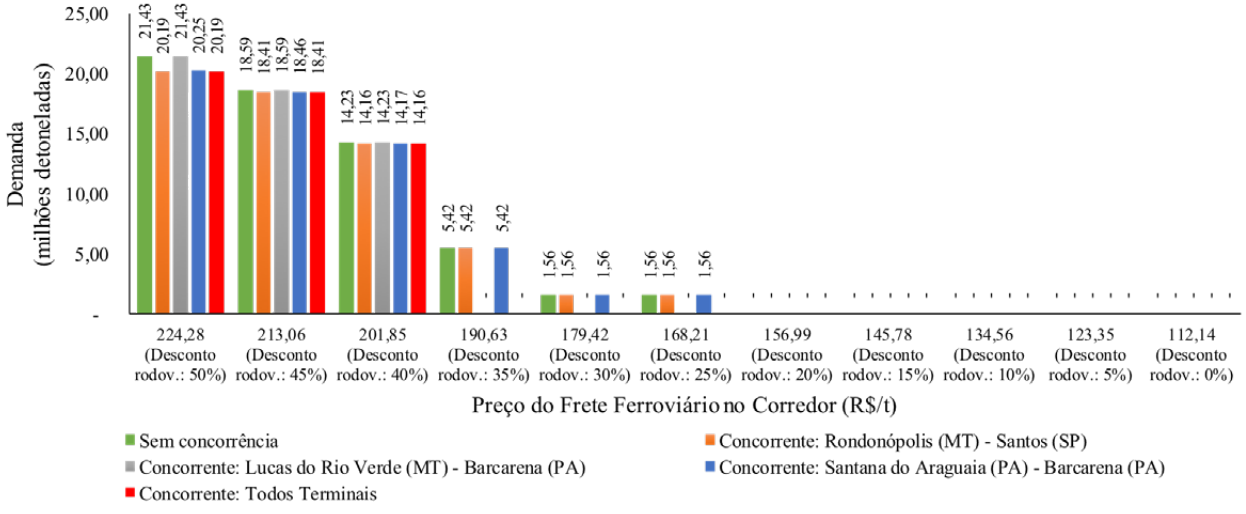
Figura 10 – Análise de demanda do corredor multimodal de Rondonópolis (MT) – Santos (SP)



Fonte: resultados da pesquisa

Na avaliação do corredor logístico de expansão da Malha Norte ferroviário, especificamente envolvendo a expansão do trecho atual até Lucas do Rio Verde (MT) com destino ao porto de Santos (SP), verifica-se que não há demanda deste corredor para preços ferroviários com taxas de desconto no rodoviário inferiores a 25%, demonstrando que este é um corredor de alta competição com outros. Especificamente ainda, nota-se que este corredor é competitivo em relação ao corredor concorrencial de Lucas do Rio Verde (MT) para Barcarena (PA) até o nível de preço de R$ 201,85 por tonelada, abaixo deste preço de frete o corredor objeto de análise perde toda sua carga para este. O potencial máximo de captação de grãos neste terminal é de 21,43 milhões de toneladas para um preço de frete ferroviário na ordem de R$ 224,28 por tonelada para uma situação que não tenha concorrência com outros corredores multimodais. A Figura 11 apresenta os resultados das simulações realizadas para o corredor multimodal de Lucas do Rio Verde para Santos.

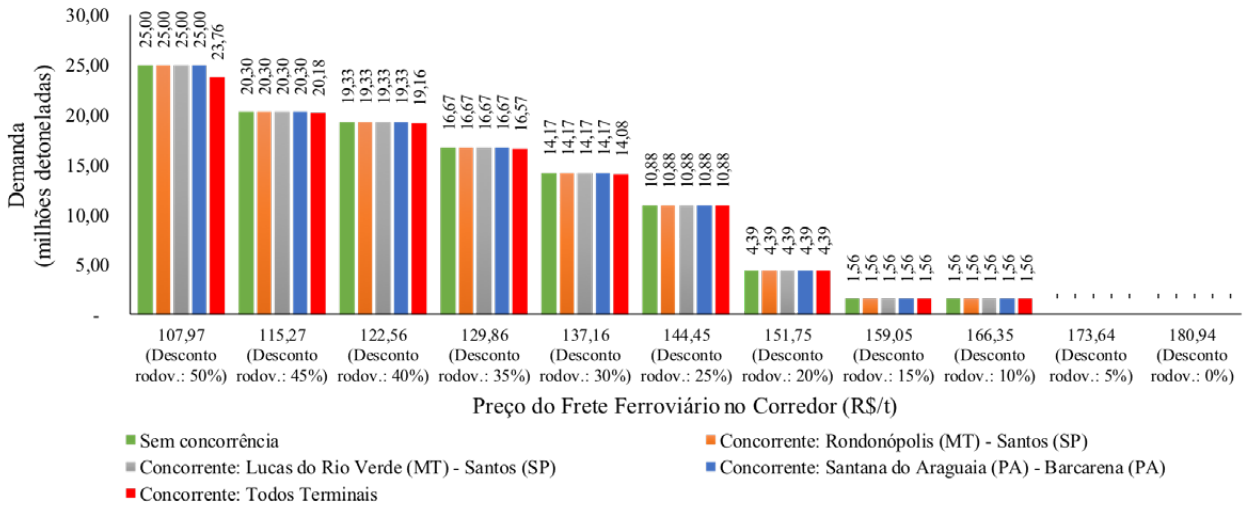
Figura 11 – Análise de demanda do corredor de Lucas do Rio Verde (MT) – Santos (SP)



Fonte: resultados da pesquisa

A análise do corredor logístico da Ferrogrão, envolvendo o terminal ferroviário de Lucas do Rio Verde (MT) passando pelo terminal hidroviário de Itaituba (PA) até o porto de Barcarena (PA), demonstra ser bastante competitivo. O volume máximo de captação de grãos deste terminal nos cenários avaliados é de 25 milhões de toneladas para um preço de frete ferroviário de R$ 107,97 por tonelada (equivalente a 50% de desconto do rodoviário). É interessante notar que para praticamente todos os cenários avaliados de preços de fretes ferroviários em que todos os corredores estão disponíveis para os agentes econômicos, a demanda ferroviária do corredor objeto de análise não perde carga quando comparado à situação em que não há concorrência, ilustrando que este é um corredor cativo. A partir de um preço de frete superior a R$ 144,45 por tonelada, a demanda neste corredor reduz consideravelmente passando de 10,88 milhões de toneladas para 4,39 milhões de toneladas.

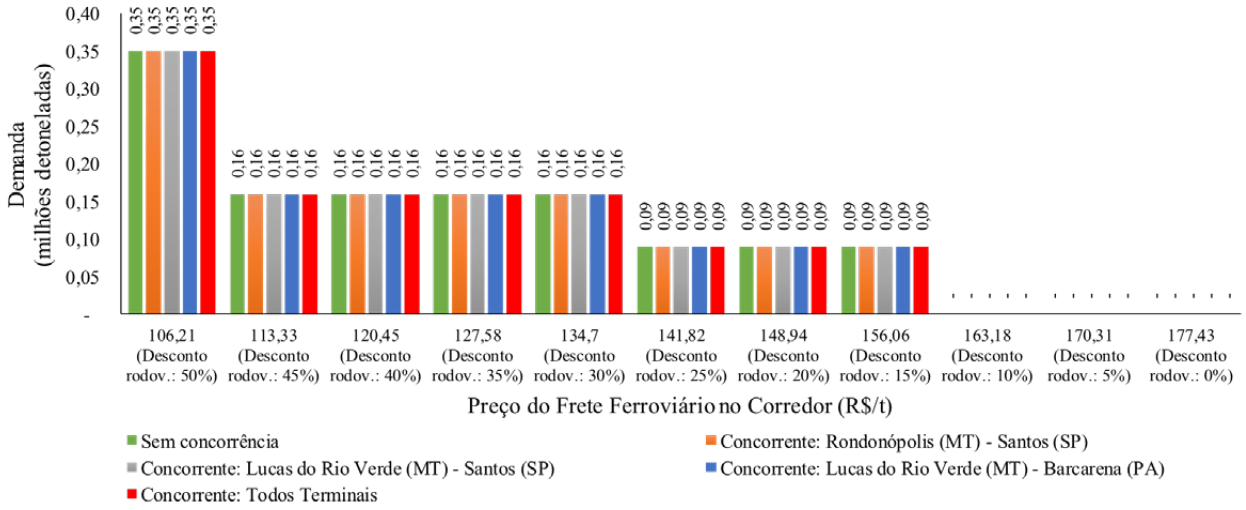
Figura 12 – Análise de demanda do corredor multimodal de Lucas do Rio Verde (MT) – Barcarena (PA)



Fonte: resultados da pesquisa.

Na análise da inclusão do projeto da Ferrovia Paraense, especificamente envolvendo o corredor multimodal a partir do terminal ferroviário de Santana do Araguaia (PA) para Barcarena (PA), observou-se que a demanda é relativamente baixa quando comparada com as dos outros corredores. No cenário de menor preço de frete ferroviário (R$ 106,21 por tonelada), a demanda potencial é de 350 mil toneladas de grãos. Além disso, para preços de fretes ferroviários superiores a R$ 156,06 por tonelada, o corredor não apresentou demanda. É interessante notar que este corredor não apresentou variações de demanda com a inclusão de corredores multimodais concorrenciais. A Figura 13 apresenta a análise de demanda do corredor multimodal da Ferrovia Paraense para grãos.

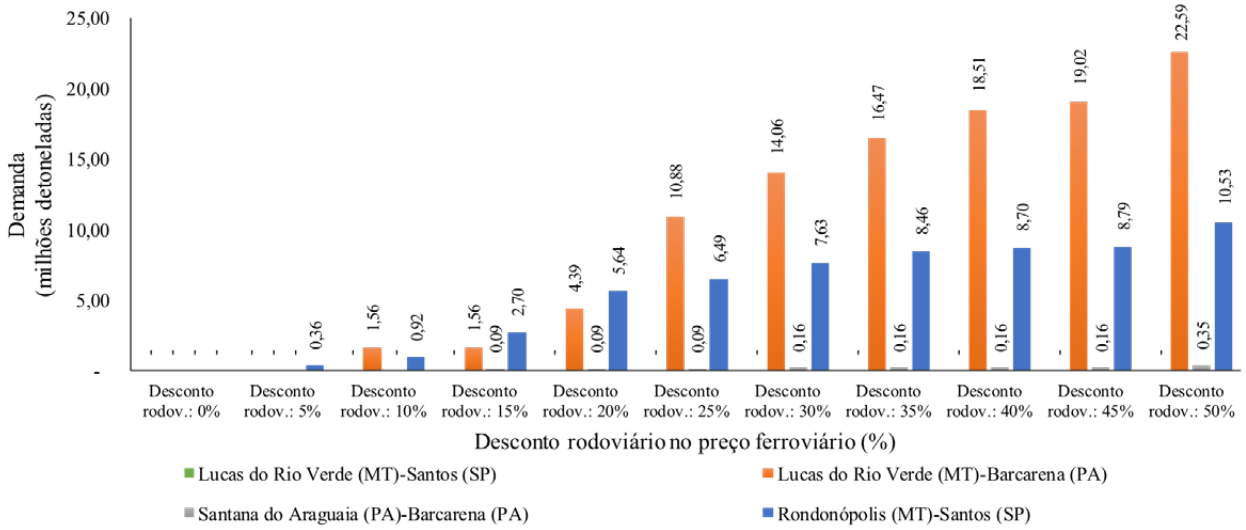
Figura 13 – Análise de demanda do corredor multimodal de Santana do Araguaia (PA) – Barcarena (PA)



Fonte: resultados da pesquisa.

Outro resultado interessante para análise foi a inclusão de todos os corredores para concorrer entre eles na captação de grãos no Mato Grosso. Nesse contexto, foi avaliada a demanda de cada corredor em função da formação do preço do frete ferroviário como um desconto no preço do frete rodoviário. Nessa situação, observa-se que, caso todos os corredores existam simultaneamente, os que apresentam maiores demanda são Lucas do Rio Verde – Barcarena (Projeto Ferroviário da Ferrogrão) e Rondonópolis – Santos (atual corredor). A demanda do projeto da Ferrovia Paraense é relativa baixa para grãos do Mato Grosso, enquanto que o projeto de expansão da Malha Norte (Lucas do Rio Verde – Santos) perde toda a carga para todos os níveis de preços.

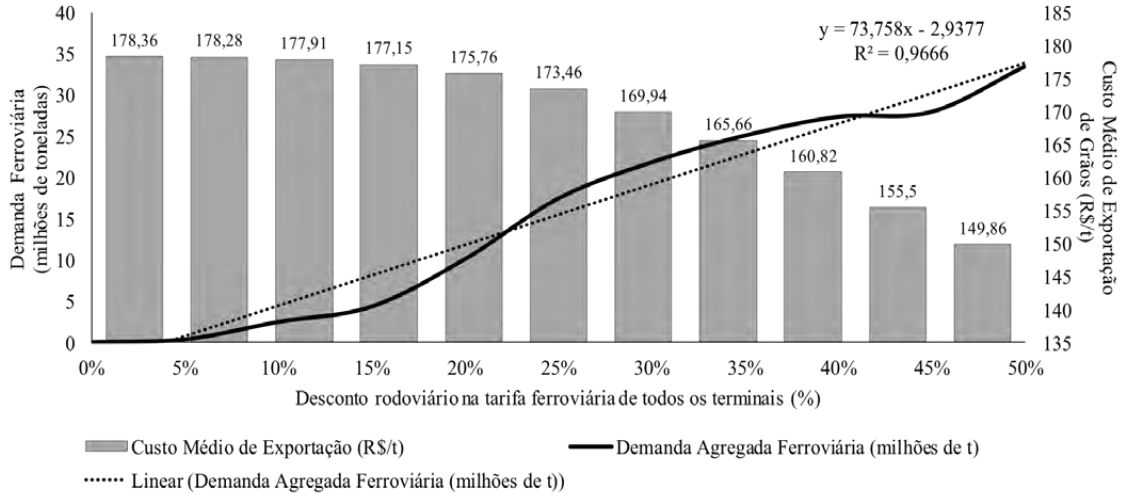
Figura 14 – Análise da demanda ferroviária com todos os corredores simultaneamente em função do preço do frete ferroviário formado como descontos nos preços do frete rodoviário



Fonte: resultados da pesquisa.

A Figura 15 apresenta uma relação entre a demanda ferroviária em todos os corredores logísticos operando simultaneamente no Mato Grosso e o custo médio de exportação de grãos do estado, para diferentes preços de fretes ferroviários formados em cima de descontos rodoviários de tarifas. É nítido que, se não houver desconto no preço do frete rodoviário para a formação do preço do frete ferroviário, não há demanda ferroviária, portanto demanda nos corredores analisados – e nesta situação, o custo médio de exportação de grãos no Mato Grosso é de R$ 178,36 por tonelada. Numa situação extrema, todos os corredores apresentando preços de fretes ferroviários com descontos na ordem de 50% em relação ao rodoviário, a demanda ferroviário do estado é de quase 35 milhões de toneladas, implicando uma redução de custo de 16%.

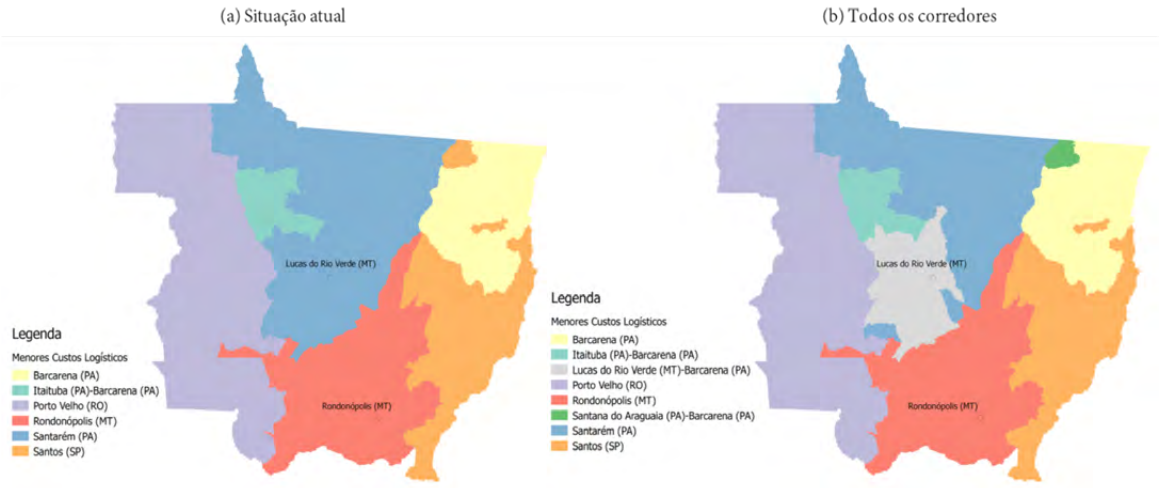
Figura 15 – Demanda ferroviária de grãos e custo médio de exportação do Mato Grosso em função dos descontos rodoviários para formação dos preços ferroviários



Fonte: resultados da pesquisa.

Por fim, o último conjunto de resultados apresenta a área de influência de captação de carga de cada corredor logístico de exportação do Mato Grosso para todos os seus municípios, tendo como base o corredor de mínimo custo logístico de exportação para cada região, em duas diferentes situações: (a) atual e (b) incluindo todos os novos corredores (com preço do frete ferroviário formado com 25% de desconto em relação ao rodoviário), conforme apresentado pela Figura 16. É interessante notar os seguintes pontos: (1) o corredor de Rondonópolis praticamente não apresenta alteração na sua área de influência com a inclusão dos outros corredores; (2) embora não avaliado nesta pesquisa de forma detalhada, o corredor de Porto Velho também não apresenta variação na sua área de influência; (3) o corredor rodoviário de exportação para Barcarena via Itaituba perde influência no centro-norte mato-grossense para o novo corredor da Ferrogrão.

Figura 16 – Área de influência de mínimo custo dos corredores logísticos de exportação de grãos do Mato Grosso



Fonte: resultados da pesquisa

5. CONCLUSÕES

O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise de demanda do corredor multimodal atual de exportação de grãos e de três projetos futuros de novos corredores. Nesse contexto, foi desenvolvido um método recursivo através de um algoritmo de mínimo custo que faz a alocação de fluxos para o corredor de menor custo logístico. Através de uma série de simulações de preços de fretes ferroviários, como um desconto nos preços de fretes rodoviários referenciais, foi possível avaliar a demanda dos corredores multimodais, bem como realizar uma análise de concorrência.

Nesse contexto, os principais resultados indicam que o corredor multimodal de exportação atual de Rondonópolis para Santos apresenta uma baixa concorrência com os futuros corredores logísticos em discussão, envolvendo Ferrogrão, Ferrovia Paraense e expansão da Malha Norte da Rumo ALL.

Em relação aos projetos de corredores logísticos de exportação futuros de grãos, foi observada uma alta demanda da Ferrogrão, mostrando que este corredor apresenta uma alta vantagem comparativa em relação aos outros projetos para diferentes níveis de preços de fretes.

Quanto ao projeto de expansão da Malha Norte através do corredor de Lucas do Rio Verde para Santos, verificou-se que este somente é competitivo com preços de frete ferroviários abaixo de R$ 144,45 por tonelada (equivalente em desconto a 25% do rodoviário) – tendo uma competição bastante acirrada com o corredor da Ferrogrão. O corredor logístico da Ferrovia Paraense envolvendo o transporte de grãos do terminal ferroviário de Santana do Araguaia (PA) para Barcarena (PA) apresentou uma baixa demanda de grãos do Mato Grosso, sendo que a região cativa de movimentação desta região é o nordeste mato-grossense.

Ficou bastante evidente que os corredores multimodais são importantes para a competitividade do agronegócio do Mato Grosso e consequentemente do Brasil e mais especificamente ainda, tais corredores trazem contribuições significativas quanto maior for o desconto dos preços de fretes ferroviários em relação aos rodoviários diretos de exportação.

6. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. Estatísticas do setor ferroviário. Disponível em: <www.antt.gov.br>.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. Anuário Estatístico. Disponível em: <www.antaq.gov.br>.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia logística – Logística Empresarial. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.

BARAT, J. O investimento em transporte como fator de desenvolvimento regional:uma análise da expansão rodoviária no Brasil. Revista Brasileira de Economia, v.23, n.3, p.25-52, jul.-set./1972.

BRANCO, J.E.H. Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Economia, Adminstração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz". Piracicaba, 2007.

BRANCO, J.E.H.; CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H.; XAVIER, C.E.O.; PAES, W.H.M.; LA CRUZ, B.C.B. Otimização logística para o transporte multímoda de safras agrícolas pelo corredor centro-Norte: o que pensam as empresas e instituições envolvidas?. Revista Amazônia: CI. & Desenv., Belém, v.6, n. 12, jan/jul. 2011.

BRASIL. Ferrovia EF-170 – MT/PA – Ferrogrão. Programa Avançar Parcerias do Governo Federal. Brasília, 2018. Acesso em: < http://www.avancarparcerias.gov.br/ef-170-mt-pa-ferrograo>.

CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (org.) (b) Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais. São Paulo, Editora Átlas, 2001, 218 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Capacidade estática de armazenagem. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1077&t= >.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT (CLM). Supply Chain Management Definitions and Glossary (2015). Disponível em: < http://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921>.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Pesquisa rodoviária CNT 2017. Disponível em: < http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>

DASKIN, M.S. Logistics: an overview of the state of the art and perspectives on future research, Transportation Research A, v.19, n.5/6, 1985.

GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL – ESALQ-LOG. Diagnósticos logísticos do agronegócio. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO – IBGE. Produção Agrícola Municipal - 2016. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>.

MATO GROSSO ECONÕMICO. Ampliação da malha ferroviária de Mato Grosso é debatida com TCU de Brasília. Cuiabá, Mato Grosso. Novembro de 2017. Disponível em: <http://www.matogrossoeconomico.com.br/blog-post/ampliacao-da-malha-ferroviaria-de-mato-grosso-e-debatida-com-tcu-em-brasilia/16730>

MCCARTHY, P.S. Transportation Economics – Theory and Practice: A case study approach. Blackwell Publishers, 2001. Massachusetts, Estados Unidos da América (EUA), 620 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Projeções do agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/17 – Projeções de Longo Prazo. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>

SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR – SECEX. Dados estatísticos de exportação - 2017. Disponível em: < http://aliceweb.mdic.gov.br/>.

SECRETÁRIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, MINERAÇÃO E ENERGIA – SEDEME. Ferrovia Paraense. Disponível em: <http://sedeme.com.br/portal/ferrovia-paraense>

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES – SIFRECA. Indicadores de preços de fretes rodoviários. Disponível em: < http://esalqlog.esalq.usp.br/sifreca/ >.

VAN DER VORST, JACK G.A.J; SILVA, C. A.; TRIENEKENS, J. H. Agro-industrial supply chain management: concepts and applications. Agricultural management marketing and finance occasional paper. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome, 2007. ISBN 978-92-5-105831-2.

ARTICLE 5



MULTIMODAL GRAIN EXPORT CORRIDORS IN MATO GROSSO STATE: AN ANALYSIS OF THE COMPETITION

Thiago Guilherme Péra
USP

José Vicente Caixeta-Filho
USP

RESUMO

O Mato Grosso, principal estado produtor de grãos, apresenta um déficit logístico que reduz a sua competitividade. A expansão do sistema ferroviário na região é fundamental para redução dos seus custos logísticos e fortalecimento da competitividade. O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise de demanda dos corredores multimodais de exportação de grãos, envolvendo o corredor atual de Rondonópolis para Santos, bem como, analisar a demanda de três projetos futuros em discussão, envolvendo: a criação da Ferrogrão, a expansão da ferrovia Malha Norte e a construção da Ferrovia Paraense. O principal resultou ilustrou que os corredores de Rondonópolis, Ferrogrão e Malha Norte são importantes para redução dos custos, entretanto, é fundamental a redução dos preços dos fretes ferroviários para expandir a demanda nos corredores.

Palavras-chave: Logística. Ferrovia. Corredor Logístico. Grãos. Demanda.

ABSTRACT

Mato Grosso, the main grain producing state, presents a logistical deficit that reduces its competitiveness. The expansion of the rail system in the region is fundamental for reducing its logistics costs and strengthening competitiveness. The objective of this research was to perform a demand analysis of the multimodal grain export corridors, involving the current corridor of Rondonópolis to Santos, as well as to analyze the demand of three future projects under discussion, involving: the creation of Ferrogrão, the expansion of railroad Malha Norte and the construction of the Ferrovia Paraense. The main result was illustrated that the corridors of Rondonópolis, Ferrogrão and Malha Norte are important to reduce costs, however, it is fundamental to reduce the prices of rail freight to expand the demand in the corridors.

Keywords: Logistics. Railwau. Logistics Corridor. Grains. Demand.

1. INTRODUCTION

For Brazil's agribusiness, logistics are vital for boosting the competitiveness of this sector. Mato Grosso State is well-known for its massive contributions to global and Brazilian agribusiness, particularly through soybeans and maize. Both are extremely important for the Brazilian economy, as its output of these crops tops 200,000 million toms a year. More specifically, Mato Grosso State is noteworthy in terms of its logistics conditions for exporting its output through clusters of long-haul road transport facilities, often under very precarious conditions. In this context, the expansion of the rail system in this State is of the utmost importance for lowering logistics costs. A set of new grain export corridors has been discussed, in order to assess the economic gains for regional agribusiness in Mato Grosso State. However, it is known that the competitiveness of these infrastructures will depend on their freight rates, competing with other logistics corridors already in place.

In this context, the purpose of this survey is to analyse the demand for multimodal grain export corridors, particularly the current corridor running from Rondonópolis to Santos, as well as analysing demands for three future projects that are currently under discussion: setting up the Ferrogrão grain railway, the expansion of the Malha Norte rail network rail network and the construction of the Paraense railway.

2. CONTEXTUALIZATION AND THEORETICAL BENCHMARKS

2.1. THE LOGISTICS OF BRAZILIAN AGRIBUSINESS

Logistics involves the planning and operation of physical, information and managerial systems ensuring that the flows and warehousing of goods (feedstock and output) and services are assigned conditions related to time and space that are both thrifty and efficient, from the place of origin through to consumption, in order to respond to customer demands (DASKIN, 1985; BALLOU, 2005; CLM, 2015). More specifically, agri-logistics focuses on ensuring that the feedstock and output in the agri-industrial system reach the right places in good condition, with the minimum possible outlays on all the activities involved, such as transport, warehousing/inventory and information. (Adapted from CAIXETA-FILHO; GAMEIRO, 2001; VORST et al., 2007).

According to Brazil´s Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA) (2017), the output in 2017 of a range of agricultural produce totalled 1,082 billion tons, with a forecast 23.6% leap over the next ten years, possibly reaching a level of about 1,338 billion tons. As transport is a function that derives from production,

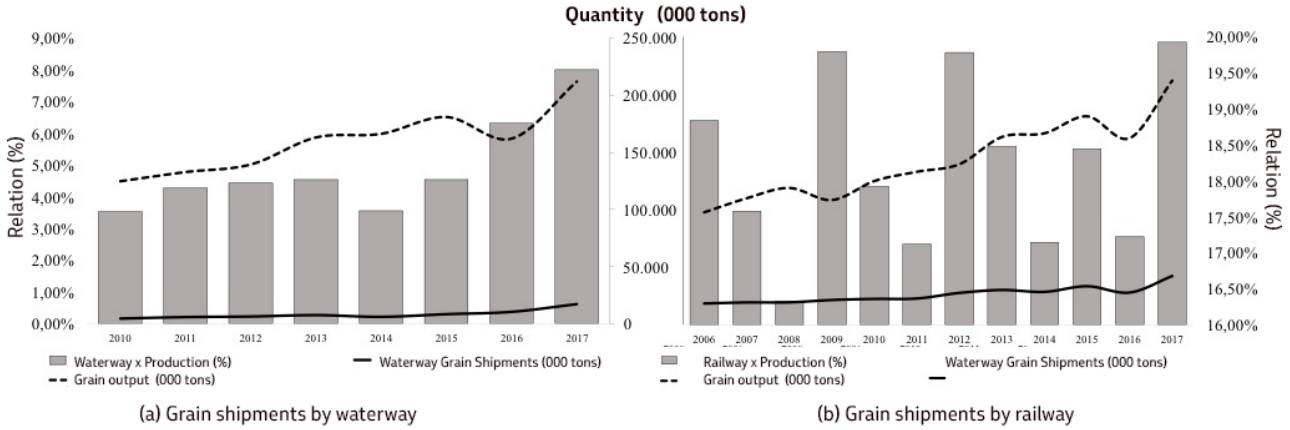
(MCCARTHY, 2001), this tonnage for Brazil´s agricultural output is transformed into cargos that require logistics activities such as transport and warehousing. More specifically, growth of around 300 million tons during the next ten years will invariably impose heavier pressures on Brazil´s logistics infrastructure.

A study conducted by the Agri-Industrial Logistics Research and Extension Group – ESALQ-LOG (2018), indicated that Brazil´s main farming and ranching cargos generated revenues of around BRL 836.3 billion (over USD 172 billion), with the estimated transport costs for shipping goods in this system reaching BRL 99.93 billion (about USD 2.8 billion), and warehousing costs of around BRL 13.36 billion (almost USD 2.8 billion). This gives rise to total logistics costs of BRL 112.98 billion (more than USD 22.5 billion), with an impact of 13.51% on generated revenues. More specifically, the number of road transport trips needed to handle all these farming and ranching cargos topped 28.80 million.

In Brazil, the supply of transport infrastructure encompasses 1,563 million kilometres of highways (of which only 13.5% are paved), 30,000 kilometres of railways (with only one third operating commercially), and 41,600 kilometres of navigable waterways (but only 22,000 kilometres of economically navigable waterways), according to statistics released by the National Confederation of Transport – CNT (2017).

In 2010, grain output in Brazil reached 124.7 million tons (CONAB, 2018), while grains shipped by rail hovered around 22.3 million tons (equivalent to 17.9% of output) for the entire rail system (LAND TRANSPORT REGULATOR – ANTT, 2018), and waterway shipments hovered around 4.3 million tons – equivalent to 3.5% of output (WATERWAY TRANSPORT REGULATOR – ANTAQ, 2018). By 2017, grain output had risen to 211.8 million tons, with grains shipped by railway rising to 42.2 million tons (19.9% of output) and by waterway reaching 16.9 million tons (8.0% of output). Consequently, from 2010 to 2017, there was an effective diversification in the grain transport matrix, as shown in Figure 1.

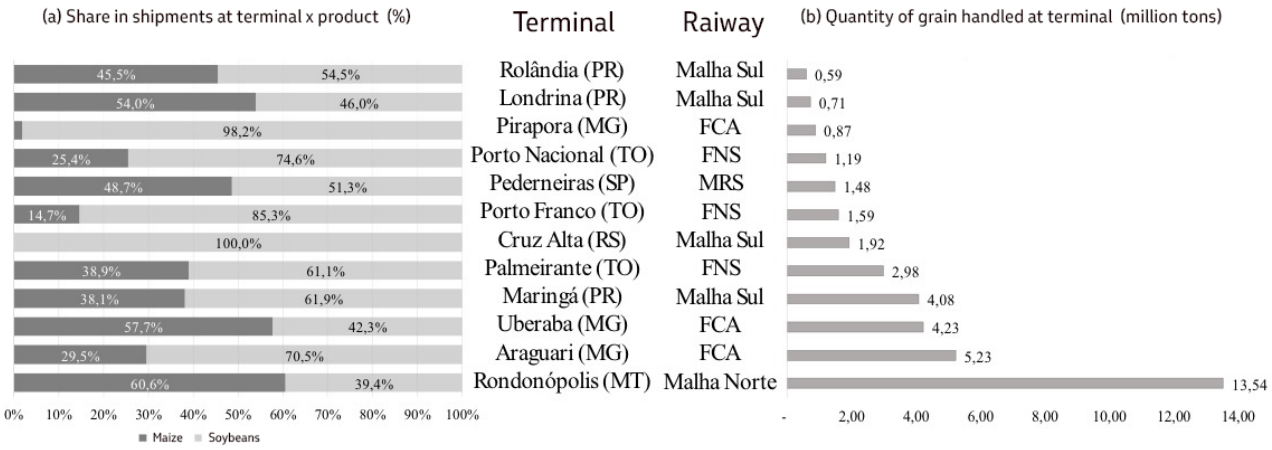
Figure 1 – Increase in grain output vs. grain shipments on waterways (a) and by rail (b)



Source: Prepared by the authors, based on information from ANTT (2018), ANTAQ (2018) and CONAB (2018)

According to the ANTT (2017), the terminal at Rondonópolis in Mato Grosso State accounted for the largest amount of grain shipments in 2017, reaching 13.54 million tons – 32.1% of the entire amount shipped on this railway. Figure 2 shows the main rail terminals by municipality that hauled more than 90% of grain on Brazilian railways, and the respective shares held by soybeans and maize in 2017.

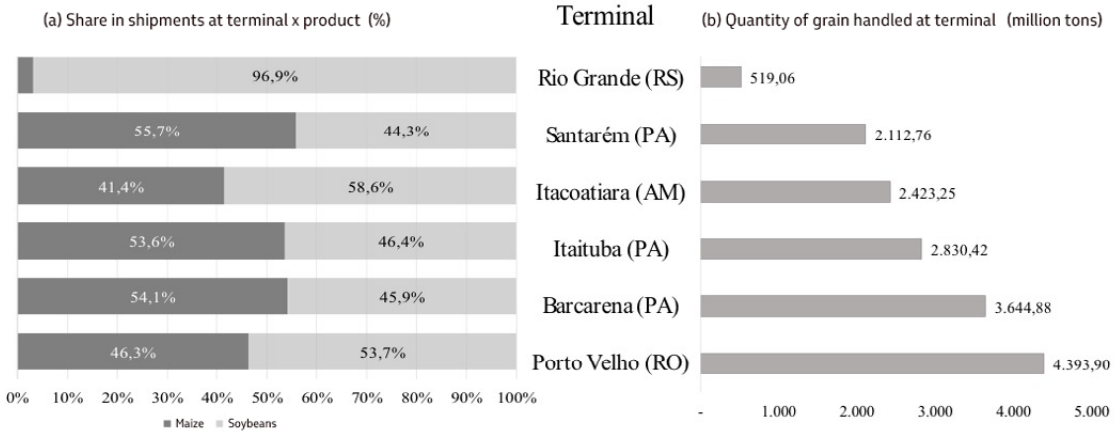
Figure 2 – (a) Share in volume shipped through terminals by product and (b) amount of grain shipped through rail terminals



Source: Prepared by the authors, based on information from ANTT (2018)

Looking at the waterway model, the Porto Velho municipality in Rondônia State shipped out the largest amount of grain, reaching some 4.3 million tons – which accounted for 25.4% of all cargos shipped on this waterway (ANTAQ, 2018). Figure 3 lists the municipalities shipping out more than 90% of the total amount of grain on this waterway in 2018.

Figure 3 – (a) Share in volume shipped through terminals by product and (b) amount of grain shipped through waterway terminals

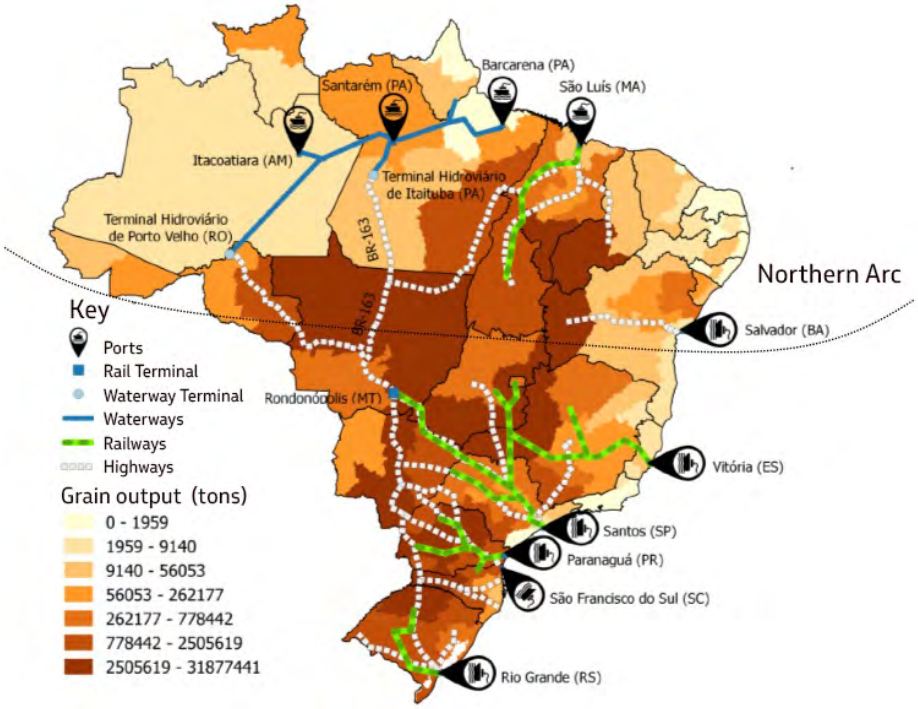


Source: Prepared by the authors, based on information from ANTAQ (2018)

2.2. CURRENT GRAIN EXPORT LOGISTICS CORRIDORS IN BRAZIL AND MATO GROSSO STATE

Transport corridors are defined as transport system segments connecting areas or locations, where demands arise for transport underpinning flows of merchandise (BARAT, 1972). In this context, the grain export corridor may be defined as the integration of different types of transport systems (road, rail and waterways) with the port system (ports). Figure 4 presents grain export logistics corridors in Brazil, focusing in greater detail on these corridors in Mato Grosso State.

Figure 4 – Logistics corridors in Brazil, particularly in Mato Grosso State.

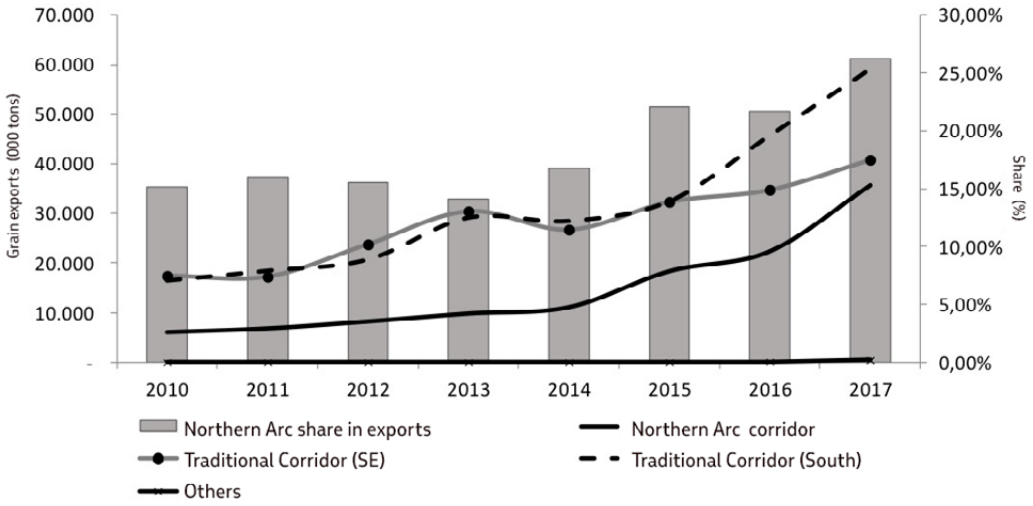


Source: Prepared by the authors, based on data from ESALQ-LOG (2017) and the Brazilian Institute for Geography and Statistics – IBGE (2017).

Particularly noteworthy is what is known as Brazil´s Northern Arc (Arco-Norte), which consists of a highway, a waterway, and a port complex, highlighted on the map in Figure 4 in the area above the dotted line. This region involves the use of ports in Northern Brazil (Itacoatiara/Manaus, Santarém and Barcarena/Belém) and the Northeast (São Luís and Salvador). Furthermore, the Tapajós river waterway is integrated from Itaituba to Santarém or Barcarena all in Pará State, running along the Amazon river, as well the Madeira river waterway, which is integrated from Porto Velho (Roraima State) to Itacoatiara/Manaus (Amazonas State) and Santarém or Barcarena/Belém, both in Pará State, running along the Amazon River.

From 2010 to 2017, grain exports from Brazil´s Northern Arc rose 491%, while the traditional export corridor in Southeast Brazil (Ports of Santos and Vitória) rose 134%; the traditional southern corridor (Ports of Paranaguá, São Francisco do Sul and Rio Grande) rose 262%, compared to an increase in output of almost 70% during this period (FOREIGN TRADE BUREAU – SECEX), 2018). Moreover, the share held by grain exports through the Northern Arc ports rose from 15.1% in 2010 to 26.2% in 2017. Figure 5 shows the rise in grain exports through corridors, and the share held by Northern Arc exports.

Figure 5 – Development of grain exports through logistics corridors.



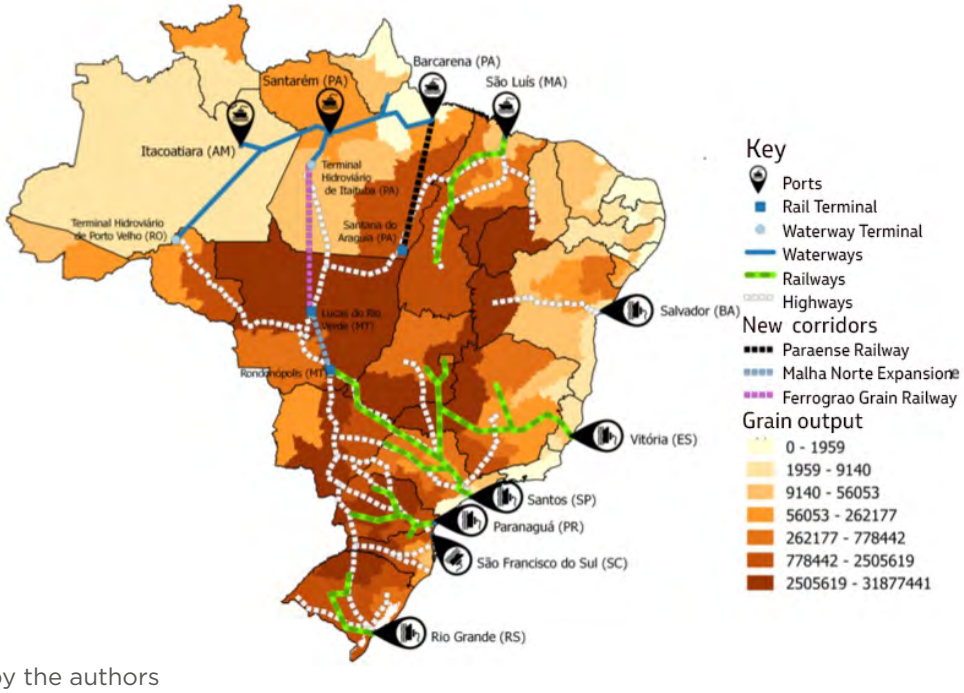
Traditional Corridor (SE): includes the Ports of Santos and Paranaguá. Traditional Corridor (Sul): includes the Ports of Paranaguá, São Francisco do Sul and Rio Grande. Corridor Northern Arc (Arco-Norte): includes the Ports of Itacoatiara/Manaus, Barcarena/Belém, Santarém, São Luís and Salvador.

Source: Prepared by the authors, based on data from SECEX (2018)

2.3. NEW GRAIN EXPORT LOGISTICS CORRIDORS IN MATO GROSSO STATE

Figure 6 presents the new grain export logistics corridors in Mato Grosso State that have been discussed, involving: the Ferrogrão grain railway (shown in purple on the map), the expansion of the ALL Malha Norte Railway rail network from Rondonópolis to Lucas do Rio Verde (shown in blue) and the Paraense railway (shown in black).

Figure 6 – New and current grain export logistics corridors



Source: Prepared by the authors

Known technically as EF (Estrada de Ferro) 170, the Ferrogrão grain railway is part of the Investments Partnerships Programme (PPI) run by the Brazilian Government and approved in 2016 (BRASIL, 2018). More specifically, the purpose of this project is to build a grain export rail corridor for the Northern Arc, running from a rail terminal in Mato Grosso State. Initially planned for Sinop, there is also a possibility that it may be located at Lucas do Rio Verde, running to the Itaituba/Mirituba waterway terminal in Pará State, and subsequently integrated into the Port of Santarém and/or Barcarena both in Pará State. According to Brazil (2018), grain shipments of around 42 million tons are forecast in in 2050.

The Malha Norte rail network run by the Rumo América Latina Logistics (RUMO-ALL) concessionaire connects the important rail terminal in Rondonópolis in Mato Grosso State to the Port of Santos in São Paulo State. In this context, there is a possibility of this network being extended to important parts of Mato Grosso State, such as Cuiabá or Lucas do Rio Verde. In fact, the company itself has formally stated its interest to the Regulator and Economic Agents in the Mato Grosso State region (MATO GROSSO STATE ECONÔMICS, 2017).

The Paraense Railway project involves the construction of a new railway through a concession, which will connect important parts of Pará State to the Port of Vila do Conte at Barcarena, running 1,312 kilometres (ECONOMIC DEVELOPMENT, MINING AND ENERGY BUREAU – SEDEME, 2018). In this context, there is a possibility of this railway carrying cargos from the northeast part of Mato Grosso State.

2.4. SUPPLY AND DEMAND FOR TRANSPORT: A MICROECONOMIC APPROACH

Based on the model drawn up by McCarthy (2001), for an economy with two assets involving transport (T) and other consumer goods (x), and assuming that both are desirable and perfectly divisible, the optimum demand from an economic agent (T*) depends on the transport price (pt), the price of other consumer goods (px), the economic context – represented by its income (Y) and its tastes and preferences, characterised by the utility function (Ø). Equation 1 presents the individual demand function for transport:

$$T^* = T(p_t, p_x, Y; \varnothing)$$

For N economic agents in this economy, the market demand (DT) is the horizontal sum of individual demands is presented in Equation 2:

$$D_T(p_t, p_x, Y_1, \ldots, Y_N; \varnothing_1, \ldots \varnothing_N) = \sum_{i=1}^{N} T(p_t, p_x, Y_i; \varnothing_i)$$

The market demand for T depends on the transport price and the price of other consumer goods, individual utilities of the agents and the aggregate income (Y^a). market demand for transport as a function of transport price is presented in Equation 3, with the prices of other assets remaining constant (p_x) and the aggregated income (Y^a).

$$D_T(p_t) = D_T(p_t, (\overline{p_x}), (\overline{Y^a}); \varnothing_1, \ldots \varnothing_N)$$

Thus, Figure 7 presents the demand curve for demand as a function of transport price, as well as situations of variations in demand deriving from demand increase and reduction factors.

Table 1 presents the main transport demand increase and reduction factors, deriving from the economic model assessed.

Figure 7 – Transport demand curve as a function of price

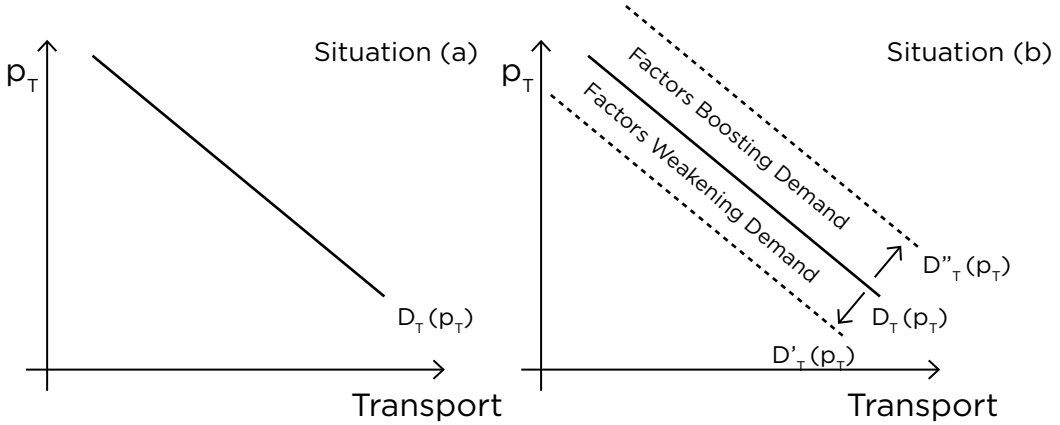


Table 1 – Transport demand increase and reduction factors D_T

Demand increase factors from DT (pT) to D"T (pT)	Demand reduction factors from DT (pT) to D'T (pT)
Increase in income	Reduction in income
Increase in population	Reduction in population
Reduction in supplementary goods prices	Increase in supplementary goods prices
Increase in substitute goods prices	Reduction in substitute goods prices
Reduction in transport rates	Increase in transport rates
Increase in Transport product preference	Reduction in Transport product preference

Source: McCarthy (2001)

The profits of a transport firm over the long term (ϖL) depend on the transport price (p) and the total long-term cost (CTLP), which depends on the transport (T) production level, the technological level (γ) and the prices of feedstock related to the work (w) and the capital (r).

$$\pi_L = pT - CT^{LP}(T; w, r, \gamma)$$

For the maximum profits condition shown in equation 4, the transport price must be equal to the marginal long-term cost (CMgLP).

$$\frac{\partial \pi_L}{\partial T} = 0$$

$$p = CMg^{LP}(T; w, r, \gamma)$$

Consequently, with a defined price p for the long term, the firm will continue to sell transport units, provided that the price is at least equal to the marginal long-term cost. Thus, in order to establish a relationship between the optimum production level (T) and its price, with feedstock prices and technological levels remaining constant, this leads to the following Equation (6):

$$T^*(p) = \begin{cases} T^{LP}(p;w,r,\gamma)\,,\ caso\ p \geq CMg^{LP}(T;w,r,\gamma) \\ 0,\ caso\ p < CMg^{LP}(T;w,r,\gamma) \end{cases}$$

The supply function of the transport market over the long term is formed by the sum of F transport firms already in place.

With the feedstock prices and technology levels remaining constant, the long-term marginal cost curve for each company slants upwards, while the market supply price over the long term will also have a positive slant, as shown in Equation 7.

$$S_T^{LP}(p) = \sum_{j=1}^{F} T_{f=1}^{LP}(p;w,r,\gamma)$$

Figure 8 presents the long term transport supply curve as a function of the transport price.

Table 2 presents the main transport supply increase and reduction factors, deriving from the economic model under assessment.

Figure 8 – Transport supply curve as a function of price

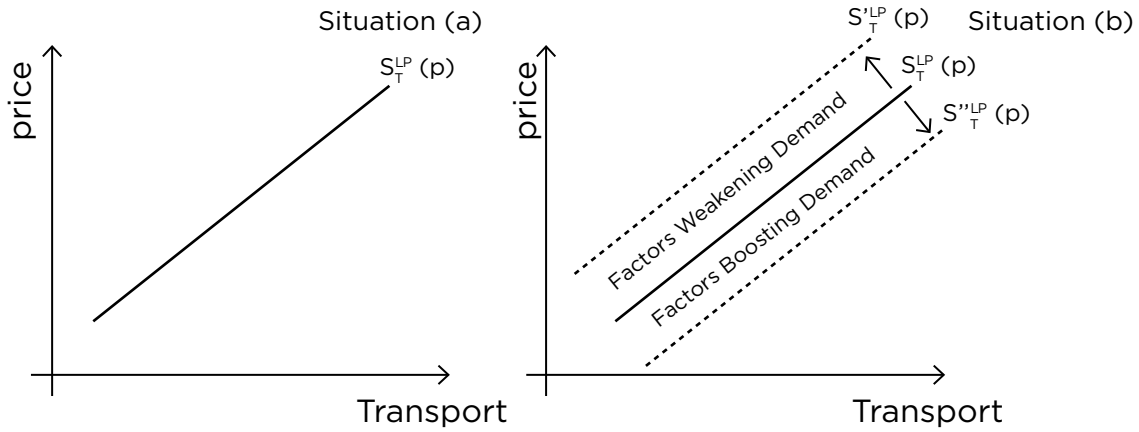


Table 2 – Transport supply increase and reduction factors

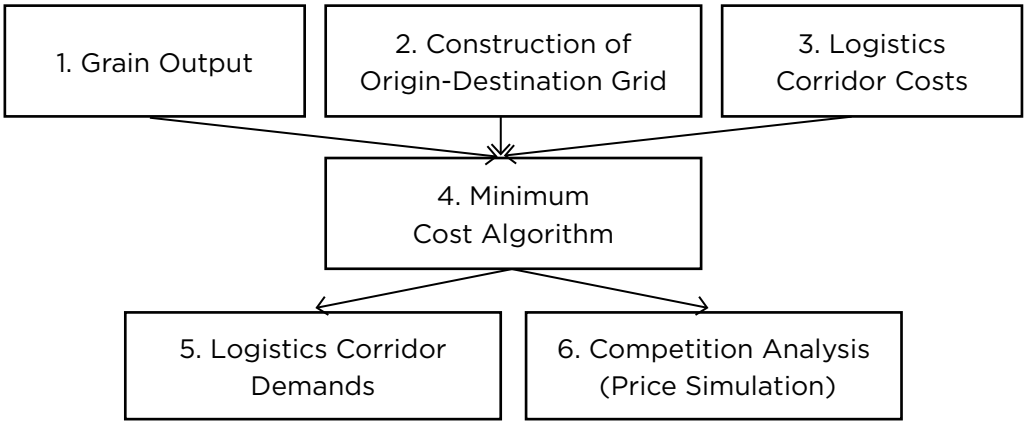
Supply increase factors from S_T^{LP} (p) to S''^{LP}_T (p)	Supply reduction factors from S_T^{LP} (p) to S'^{LP}_T (p)
Increase in the number of firms	Reduction in the number of firms
Reduction in the production feedstock prices	Increase in the production feedstock prices
Increase in transport T subsidies	Reduction in transport T subsidies
Reduction in transport T rates	Increase in transport T rates
Technology upgrades γ	

Source: McCarthy (2001)

3. MATERIAL AND METHODS

As a purpose of this research project is to assess demands for current and new multimodal grain export corridors, an analysis method was structured involving six major items, as shown in Figure 9. The spatial boundary for the analysis in this research project was at the municipal level, while the timeframe was 2016.

Figure 9 – Schematic outline of the method used in this research. project



Source: Prepared by the authors

Step 1 of this research project consisted of a survey of soybeans and maize (grain) production information for all 141 grain-growing municipalities in Mato Grosso State, based on information released by the IBGE (2018).

Step 2 involved the construction of an origin x destinations possibilities grid. In this Step, for each grain-growing municipality in Mato Grosso State, the possibilities were explored for shipping out export goods through all the current export combinations, as well as the new corridors. There were 1,974 possible combinations for using the corridors.

Step 3 consists of estimating the road, rail and waterway freight rates. Thus, for the entire possibilities grid established in the previous Step, a road, rail and waterway distance grid was drawn up, using the Geographical Information System (GIS) software called TransCAD ®. Next, having queried the Freight Cost Information System (SIFRECA) database linked to ESALQ-LOG, economic freight rate estimate models were constructed. It is important to stress that freights rate behaviours for flows between origins and terminals and between origins and ports differ, as discussed by Branco (2008), who also suggests different estimation methods.

Road freights rates between places of origin and export ports were estimated through regression presented in Equation 8. Road freight prices between the origins and terminals were estimated from the regression presented in Equation 8, as proposed by Branco (2008):

$$\ln(Frete_{ij}) = a + b\ln(distância_{ij})$$

$$Frete_{ij} = e^{a} \cdot distância_{ij}^{b}$$

Where:

Freight$_{ij}$: estimated road freight rate for grain in BRL/ton;

Distance$_{ij}$: road distance between origin i and destination j.

Road freights rates between places of origin and export ports were estimated through the linear regression presented in Equation 9.

$$Frete_{ij} = a + b\,distância_{ij}$$

According to Branco et al. (2011), rail and waterway freight rates in agribusiness are established through discounts on road freight rates. This is normally required by shippers to convince them to choose an alternative means of transport, which is often slower than the road option. According to the authors, the mean discount on road freight rates charged by the railway market is 31% to 42%, while for the railway the mean discount is around 42% to 49%. The rail freight rates explored in this research project are simulated to assess different potential demands from the corridors, when the price was set with an adopted discount on road freight of 25%. Specifically for waterborne shipments, a discount of around 49% was adopted.

Step 4 consisted of structuring a minimum cost algorithm for allocation to logistics corridors of interest. In Step 4, a minimum cost algorithm for allocating transport flows was constructed, as no capacity constraints are imposed on the logistics corridor. It is important to stress that the maximum volume allocated to each solution is the output of grain, inferred through analysing the maximum potential uptake of cargos in the solution. This involves:

- **Step 1:** A specific grain-growing municipality is selected.
- **Step 2:** The lowest-cost logistics corridor is selected from among the estimated freight rates (road or multimodal) for this municipality.
- **Step 3:** All the output in this logistics corridor is allocated (regardless of the transport capacity).
- **Step 4:** The procedure is repeated until all the centroids are allocated flows.

Step 5 consists of analysing the results of the algorithm, adding together the entire allocation of cargo flows in corridors of interest, to estimate their total demands for the established price level.

In Step 6, new simulations were performed, varying the rail freight rates from 0% to 50% discounts on their road counterparts, as well as inserting competitive logistics corridors in order to assess possible losses and gains in demands.

4. RESULTS AND DISCUSSION

Table 3 presents the results of the freight rate regression coefficients assessed and used in this research project.

Table 3 – Results of road freight rate regression coefficients

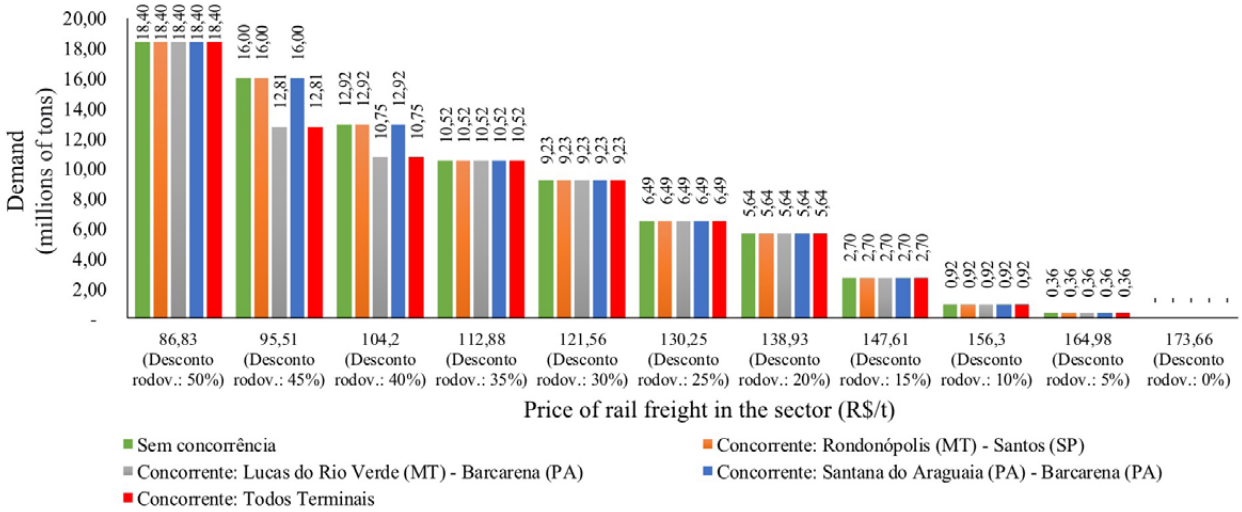
Coefficients	Export highways	Highways to terminals
a	40.71155***	0.478218***
b	0.092473***	0.64992***
R-square	0.834	0.728

***p-value <0.01

Source: research findings

The first set of findings presents the analysis of competition in the multimode corridor running from Rondonópolis in Mato Grosso State to Santos in São Paulo State. Figure 10 presents the demand for the logistics corridor as a function of different rail freight levels (presented as a discount for the road freight rate for the same flow) and for different levels of competition in the corridors. It is interesting to note here that the heaviest demand om the corridor (18.4 million tons) appears for a rail freight rate formed by a 50% discount on the road freight rate. In the competition simulations, it is interesting to note that for most of the scenarios analysed, the corridor under assessment did not lose demand to other logistics corridors, showing that investments in new corridors will not have any significant impacts on their demands. In 2017, this corridor handled around 13 million tons of grain. Through the findings of the simulation, the rail freight rate charged to ship 13 million tons in a non-competitive situation is BRL 104.20 (almost USD 26) per ton, which is equivalent to a 40% discount on the road freight rate. Figure 10 presents the analysis of the multimode rail corridor demand, from Rondonópolis to Santos.

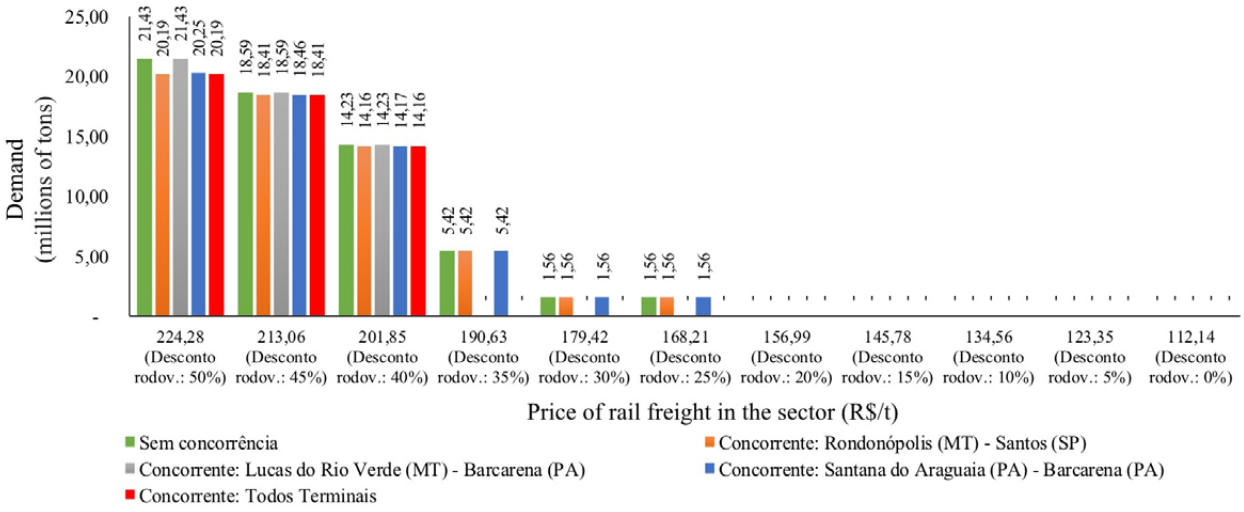
Figure 10 – Analysis of the multimodal corridor demand from Rondonópolis (Mato Grosso State) to Santos (São Paulo State)



Source: research findings

In the assessment of the logistics corridor forming an expansion of the Malha Norte rail network, specifically involving the extension of the current line running to Lucas do Rio Verde in Mato Grosso State and then to the Port of Santos (São Paulo State), it is noted that there is no demand in this corridor for rail prices with road discount rates of less than 25%, showing that this is a corridor that competes strongly with others. Furthermore, it is noted that this corridor is competitive in terms of the competing corridor running from Lucas do Rio Verde (Mato Grosso State) to Barcarena (Pará State), even at a price level of BRL 201.85 (just over USD 40) per ton. Below this freight rate, the corridor under analysis loses its entire cargo. The potential maximum grain uptake at this terminal is 21.43 million tons for a rail freight rate of around BRL 224.28 (almost USD 45) per ton, for a situation with no competition with other multimodal corridors. Figure 11 presents the findings of the simulations conducted for the multimodal corridor running from Lucas do Rio Verde to Santos.

Figure 11 – Analysis of demand in the corridor running from Lucas do Rio Verde (Mato Grosso State) to Santos (São Paulo State)

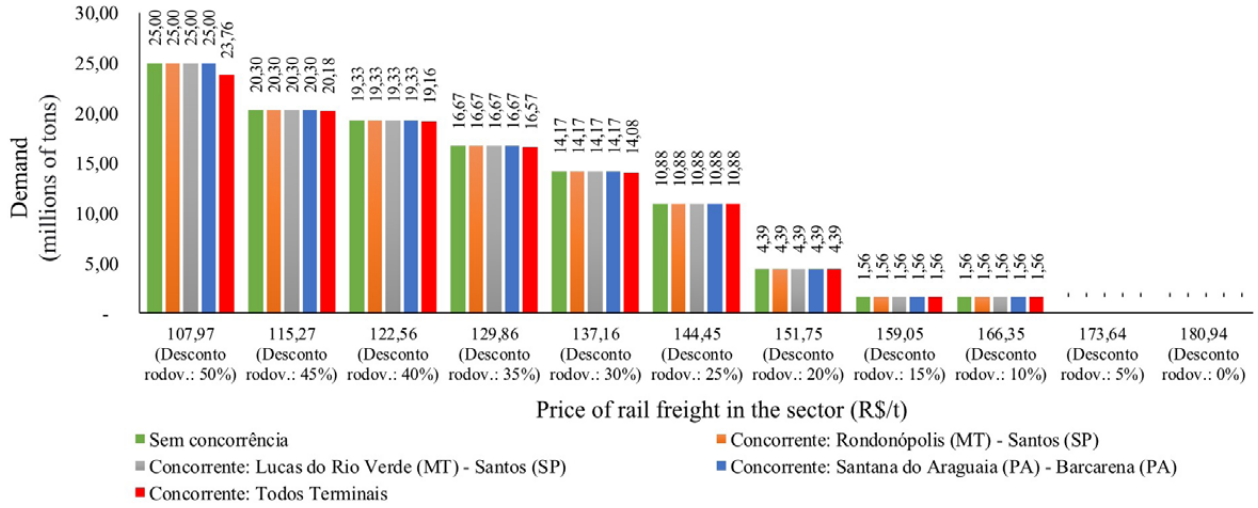


Source: research findings

The analysis of the Ferrogrão grain railway logistics corridor, which includes the rail terminal at Lucas do Rio Verde in Mato Grosso State, as well as the Itaituba waterway terminal and running to the Port of Barcarena, both in Pará State, seems quite competitive. The maximum grain uptake at this terminal in the assessed scenarios reached 25 million tons for a rail freight rate of BRL 107.97 (around USD 25) per ton (equivalent to 50% discount on the road freight).

It is interesting to note that for almost all the scenarios assessed with rail freight rates in all corridors available to economic agents, the rail demand in the corridor under analysis does not lose any cargos compared to the situation with no competition, indicating that this is a captive corridor. At a freight rate higher than BRL 144.45 (around USD 30) per ton, the demand in this corridor drops considerably, down from 10.88 million tons to 4.39 million tons.

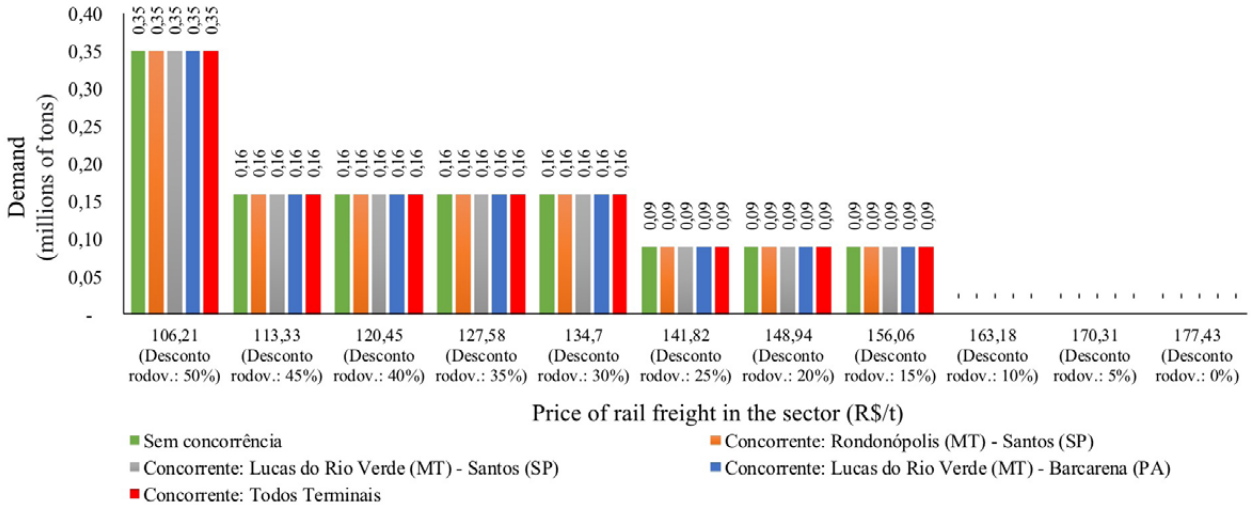
Figure 12 – Demand analysis for the multimodal corridor running from Lucas do Rio Verde (Mato Grosso State) to Barcarena (Pará State)



Source: research findings

In the analysis of the inclusion of the Paraense railway project, specifically involving the multimodal corridor running from the Santana do Araguaia rail terminal to Barcarena, both in Pará State, it is noted that the demand is relatively low, compared to other corridors. For the lowest rail freight rate scenario at BRL 106.21 (just over USD 21) per ton, the potential demand reaches 350,000 tons of grain. Furthermore, for rail freight rates of more than BRL 156.06 (around USD 30) per ton, this corridor shows no demand. It is interesting to note that this corridor showed no variations in demand with the inclusion of competitive multimodal corridors. Figure 13 presents an analysis of demand in the multimodal grain corridor of the Paraense railway.

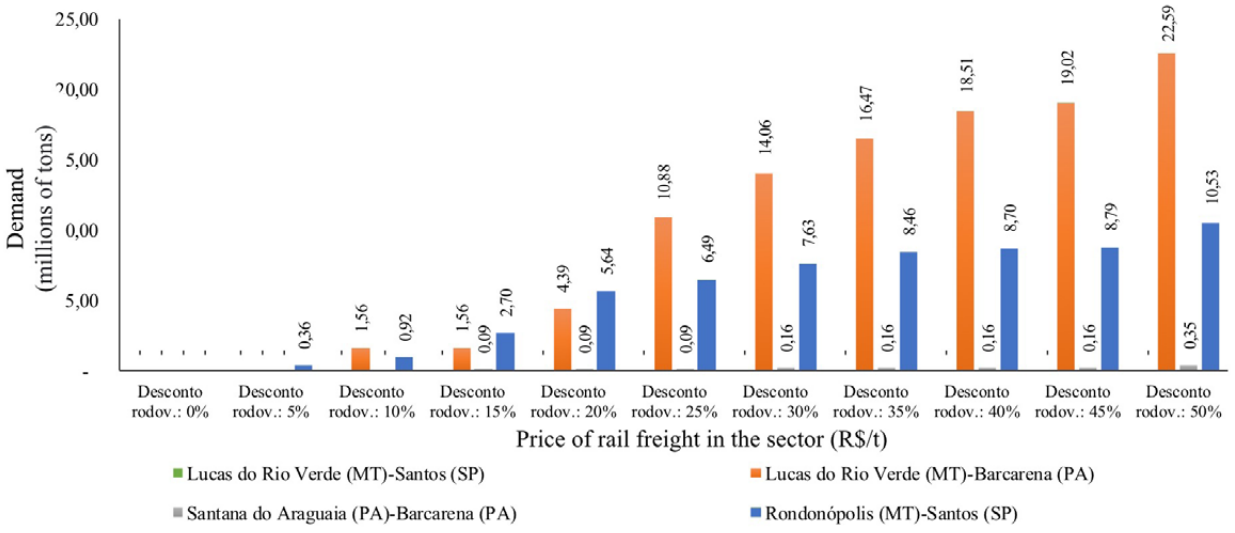
Figure 13 – Analysis of demand in the Santana do Araguaia multimodal corridor to Barcarena, both in Pará State



Source: research findings

Another interesting finding for analysis was the inclusion of all the corridors competing among themselves for grain uptake in Mato Grosso State. In this context, the demand of each corridor was assessed as a function of the rail freight rate formation as a discount on the road freight rate. In this situation, it was noted that, should all the corridors exist simultaneously, those with the highest demands would be Lucas do Rio Verde – Barcarena (Ferrogrão Grain Railway Project) and Rondonópolis – Santos (current corridor). The demand for the Paraense railway project is relatively low for grain from Mato Grosso State, while the Malha Norte rail network expansion project running between Lucas do Rio Verde and Santos losses all its cargo at all price levels.

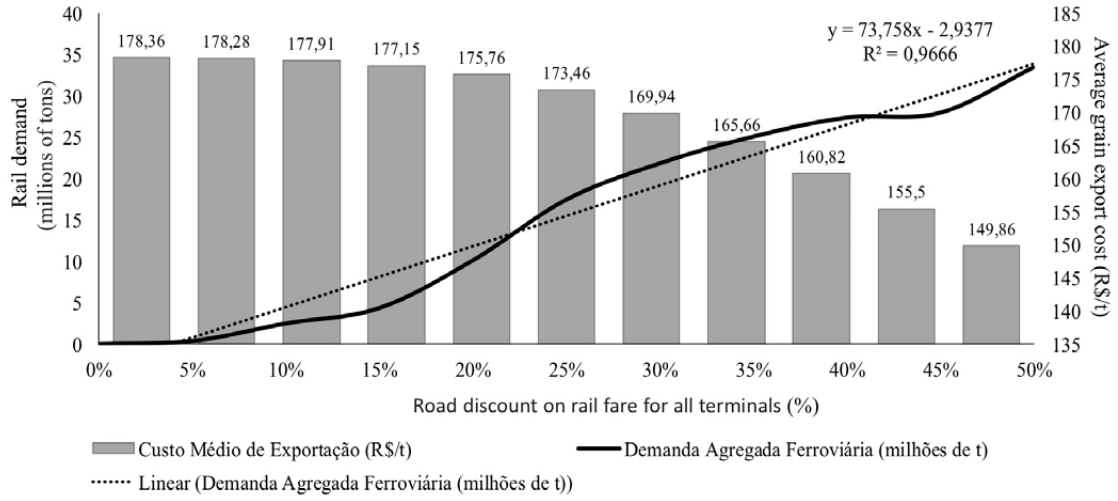
Figure 14 – Analysis of the rail demand with all the corridors simultaneously as a function of the rail freight rate formed through discounts on road freight rates.



Source: research findings

Figure 15 presents the relation between rail demand in all the logistics corridors operating simultaneously in Mato Grosso State and the mean grain export cost for this State, for different rail freight rates formed through discounts on road freight costs. It is quite clear that, with no discount on the road freight rate to form the rail freight rate, there is no demand for rail transport, leaving the analysed corridors with no demand. In this situation, the mean grain export cost in Mato Grosso State reaches BRL 178.36 (around USD 35) per ton. In an extreme situation, all the corridors presented rail freight rates with discounts of around 50% compared to their road counterparts, with the rail demand in this State reaching almost 35 million tons, indicating a cost reduction of 16%.

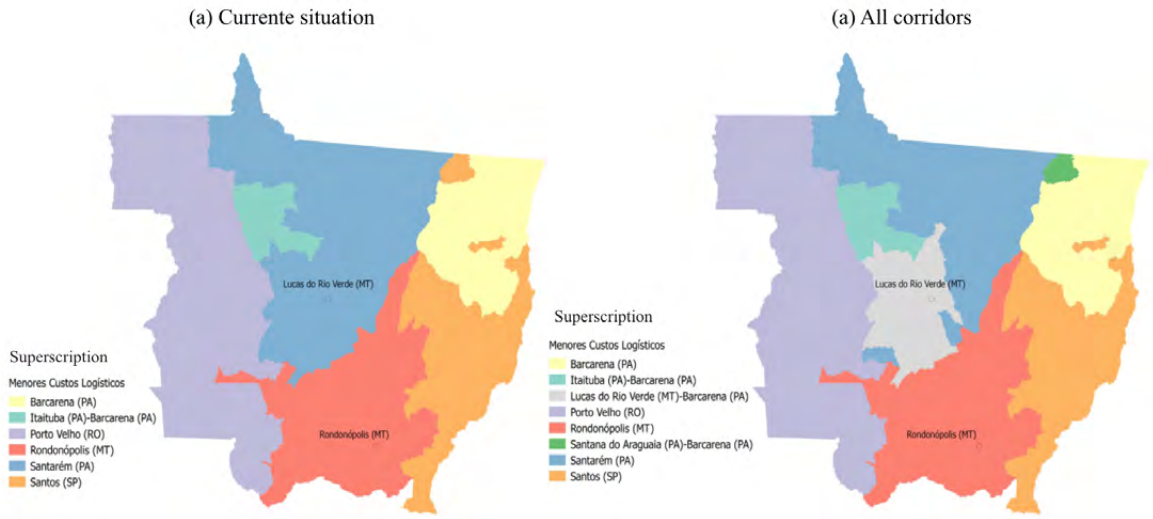
Figure 15 – Grain demands for rail transport and mean export cost from Mato Grosso State as a function of discounts on road freights to form rail freight rates



Source: research findings

Finally, the last set of findings presents the area of influence for cargo uptake in each export logistics corridor in Mato Grosso State, for all its municipalities, based on the corridor with the minimum export logistics cost for each region, in two different situations: (a) current; and (b) including all the new corridors (with the rail freight rate established with 25% discount on the road freight rate), as shown in Figure 16. It is interesting to note the following points: (1) the Rondonópolis corridor showed almost no alterations in its area of influence with the inclusion of other corridors; (2) although not assessed in detail in this research project, the Porto Velho corridor also presented no variations in its area of influence; (3) the road export corridor from Barcarena through Itaituba lost influence in centre-north Mato Grosso State, outweighed by the new corridor formed by the Ferrogrão grain railway.

Figure 16 – Area of influence with minimum costs for grain export logistics corridors in Mato Grosso State



Source: research findings

5. CONCLUSIONS

The purpose of this research project was to conduct an analysis of demand for the current grain export multimodal corridor and three future projects for new corridors. In this context, a recursive method was developed through a minimum-cost algorithm that allocates flows to the corridor with the lowest logistics cost. Through a set of rail freight rates simulations, as a discount on benchmarked road freight rates, it was possible to assess demands for multimodal corridors, as well as to conduct an analysis of the competition.

In this context, the main findings indicate that the current multimodal export corridor from Rondonópolis to Santos offers little competition for the future logistics corridors under discussion, which involve the Ferrogrão grain railway, Paraense railway and the expansion of the Malha Norte rail network owned by Rumo ALL.

Looking at the future grain export logistics corridors, a high demand was noted for the Ferrogrão grain railway, showing that this corridor offers an outstanding comparative advantage over the other projects, for different freight rates levels.

Looking at the Malha Norte rail network expansion project through the corridor running from Lucas do Rio Verde to Santos, it was noted that this is competitive only with rail freight rates lower than BRL 144.45 (almost USD 30) per ton (equivalent to a 25% discount on the road freight rate), competing quite keenly with the Ferrogrão grain railway corridor. The Paraense railway logistics corridor carrying grain from the Santana do Araguaia rail terminal to Barcarena, both in Pará State, showed a low demand for grain from Mato Grosso State, with its uptake region being northeast Mato Grosso State.

It was quite clear that the multimodal corridors are important for endowing agribusiness with a keen competitive edge in Mato Grosso State, as well as Brazil. More specifically, the corridors offered by these corridors become more significant as rail freight rates drop through discounts on direct export road options.

6. REFERENCES

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. Estatísticas do setor ferroviário. Available at: <www.antt.gov.br>.

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS – ANTAQ. Anuário Estatístico. Available at: <www.antaq.gov.br>.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia logística – Logística Empresarial. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2005.

BARAT, J. O investimento em transporte como fator de desenvolvimento regional:uma análise da expansão rodoviária no Brasil. Revista Brasileira de Economia, v.23, n.3, p.25-52, jul.-set./1972.

BRANCO, J.E.H. Estimativa da demanda de carga captável pela Estrada de Ferro Norte-Sul. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Economia, Adminstração e Sociologia, Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz". Piracicaba, 2007.

BRANCO, J.E.H.; CAIXETA-FILHO, J.V.; GAMEIRO, A.H.; XAVIER, C.E.O.; PAES, W.H.M.; LA CRUZ, B.C.B. Otimização logística para o transporte multímoda de safras agrícolas pelo corredor centro-Norte: o que pensam as empresas e instituições envolvidas?. Revista Amazônia: CI. & Desenv., Belém, v.6, n. 12, jan/jul. 2011.

BRASIL. Ferrovia EF-170 – MT/PA – Ferrogrão. Programa Avançar Parcerias do Governo Federal. Brasília, 2018. Accessed on: < http://www.avancarparcerias.gov.br/ef-170-mt-pa-ferrograo>.

CAIXETA FILHO, J.V.; GAMEIRO, A. H. (org.) (b) Transporte e Logística em Sistemas Agroindustriais. São Paulo, Editora Átlas, 2001, 218 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Capacidade estática de armazenagem. Available at: < http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1077&t= >.

COUNCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT (CLM). Supply Chain Management Definitions and Glossary (2015). Available at: < http://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx?hkey=60879588-f65f-4ab5-8c4b-6878815ef921>.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. Pesquisa rodoviária CNT 2017. Available at: < http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>

DASKIN, M.S. Logistics: an overview of the state of the art and perspectives on future research, Transportation Research A, v.19, n.5/6, 1985.

GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM LOGÍSTICA AGROINDUSTRIAL – ESALQ-LOG. Diagnósticos logísticos do agronegócio. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICO – IBGE. Produção Agrícola Municipal - 2016. Available at: <www.sidra.ibge.gov.br>.

MATO GROSSO ECONÕMICO. Ampliação da malha ferroviária de Mato Grosso é debatida com TCU de Brasília. Cuiabá, Mato Grosso. Novembro de 2017. Available at: <http://www.matogrossoeconomico.com.br/blog-post/ampliacao-da-malha-ferroviaria-de-mato-grosso-e-debatida-com-tcu-em-brasilia/16730>

MCCARTHY, P.S. Transportation Economics – Theory and Practice: A case study approach. Blackwell Publishers, 2001. Massachusetts, Estados Unidos da América (EUA), 620 p.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – MAPA. Projeções do agronegócio: Brasil 2016/17 a 2026/17 – Projeções de Longo Prazo. Brasília, DF, 2017. Available at: <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-2017-a-2027-versao-preliminar-25-07-17.pdf>

SECRETARIA DE COMÉRCIO EXTERIOR – SECEX. Dados estatísticos de exportação - 2017. Available at: < http://aliceweb.mdic.gov.br/>.

SECRETÁRIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, MINERAÇÃO E ENERGIA – SEDEME. Ferrovia Paraense. Available at: <http://sedeme.com.br/portal/ferrovia-paraense>

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE FRETES – SIFRECA. Indicadores de preços de fretes rodoviários. Available at: < http://esalqlog.esalq.usp.br/sifreca/ >.

VAN DER VORST, JACK G.A.J; SILVA, C. A.; TRIENEKENS, J. H. Agro-industrial supply chain management: concepts and applications. Agricultural management marketing and finance occasional paper. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome, 2007. ISBN 978-92-5-105831-2.

ARTIGO 6



LOGÍSTICA E AGRICULTURA: O PAPEL DOS INVESTIMENTOS EM INFRAESTRUTURA PARA O AVANÇO DA PRODUÇÃO DE SOJA NO CERRADO

Everton Lima Costa
USP

Abner Abner Matheus João
USP

José Vicente Caixeta-Filho
USP

Thiago Guilherme Péra
USP

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 24% do território nacional. As áreas cobertas pela vegetação desse bioma tornaram-se as principais regiões produtoras de soja no país, a partir da segunda metade do século passado. Dentre os obstáculos para essa expansão da atividade está a defasada estrutura logística, que dependente do modal rodoviário para o transporte da produção, é um grande entrave para a competitividade do agronegócio brasileiro. Frente a esse cenário, de importância de maiores investimentos em logística, o objetivo principal maior deste trabalho é indicar quais os principais determinantes para o avanço da área cultivada de soja nos municípios produtores do Cerrado, com ênfase no papel dos investimentos em infraestrutura logística, representados pelos investimentos públicos em rodovias, no crescimento da área produzida. Para isso, foram estimados modelos econométricos de painéis de dados dinâmicos, por meio de System GMM. Os dados são de 880 municípios, para a década de 2008 até 2017. Os resultados apontam que aumentos no investimento em rodovias são determinantes positivos e estatisticamente significantes para o aumento da área cultivada. Além dessa variável, os resultados apontam que o desempenho econômico da atividade apresenta efeito positivo sobre o aumento da área, bem como a densidade populacional, efeitos negativos. Foram consideradas ainda variáveis referentes ao desmatamento e rebanhos de bovinos, para o período corrente e anterior.

Palavras-chave: Infraestrutura, Soja, Dados em Painel.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest Brazilian biome, occupying 24% of the national territory. The areas covered by the vegetation of this biome became the main soy producing regions in the country, from the second half of the 20th century onwards Among the obstacles to this expansion of activity is the outdated logistical structure, which, depending on the road modal for transporting production, is a major obstacle to the competitiveness of Brazilian agribusiness. Faced with this scenario, the importance of greater investments in logistics, the main objective of this work is to indicate which are the main determinants for the advance of the cultivated area of soy in the producing cities of the Cerrado, with emphasis on the role of investments in logistics infrastructure, represented by public investments in highways, in the growth of the produced area. For that, dynamic panel data models were estimated, through System GMM. The data are from 880 municipalities, for the decade from 2008 to 2017. The results show that increases in investment in highways are positive and statistically significant determinants for the increase in the cultivated area. In addition to this variable, the results indicate that the economic performance of the activity has a positive effect on the increase in the area, as well as population density, negative effects. Variables related to deforestation and cattle herds, for the current and previous period, were also considered.

Keywords: Infrastructure, Soy, Panel Data.

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio desempenha importante papel para a economia do Brasil, representando 23,5% do Produto Interno Bruto (CNA e CEPEA, 2018). A produção de grãos no Brasil apresentou aumentos expressivos desde a expansão das áreas de produção (principalmente com a introdução da cultura na região Centro-Oeste) e de ganhos em produtividade.

Esse avanço da produção com destino ao Centro-Oeste ocorre por meio de um processo de "tropicalização" da soja, conforme aponta Barrozo e Rosa (2018) e que consistiu no desenvolvimento de novas variedades de soja propícias para a região do Cerrado. Esse é o segundo maior bioma do Brasil e a sua ocupação tornou-se, a partir da segunda metade do século XX, a principal fronteira agrícola nacional, com deslocamento da produção, a partir da década de 1990, aos estados do Maranhão, Bahia, Tocantins e Piauí, no denominado Cerrado Nordestino (Garcia e Buainain, 2016).

Os ganhos na produção de grãos, principalmente de soja, não foram acompanhados da infraestrutura de transporte, de modo que a maior parte da produção ainda é escoada pelo modal rodoviário, o mais custoso. Parte desse problema é decorrente da necessidade de elevados investimentos em infraestrutura de transporte multimodal, como terminais portuários e hidroviários, necessitando, frequentemente, de contrapartida pública na idealização ou construção das soluções.

O presente trabalho tem como objetivo principal identificar quais os principais determinantes para o avanço da área cultivada de soja no Cerrado, colocando em evidência o papel dos investimentos em logística e infraestrutura, representados pelos investimentos públicos em rodovias, como relevantes para o aumento da área e tendo como principal hipótese que o aumento dos valores dispendidos em instalação de rodovias, ou seja, a promoção de infraestrutura básica é crucial para a decisão de contínua expansão da atividade sojicultora.

Assim, além desta introdução, este artigo é composto na sequência pela seção de revisão de literatura, materiais e métodos e a exposição do ferramental econométrico e fonte dos dados utilizados. Após, na quarta seção são apresentados os resultados e discussões, seguidos por fim, das considerações finais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

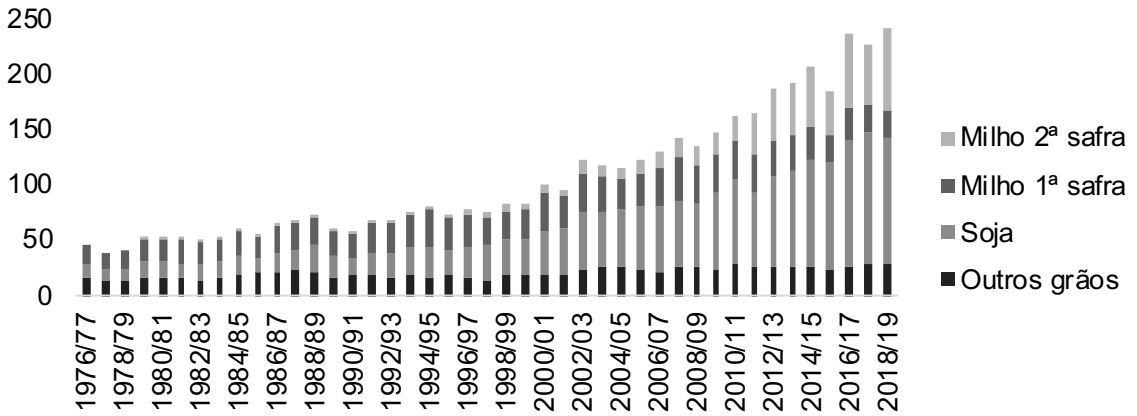
De acordo com Bonetti (1981), a inserção da soja no Brasil foi promovida pelos imigrantes japoneses, sendo parte da dieta tradicional nipônica, mas não da maior parte da população brasileira. Os estados que iniciaram essa atividade foram São Paulo e Paraná, sendo que a expansão deu-se em meados do século XX, a partir da integração da agricultura no processo de substituição de importações (PSI) idealizados por economistas heterodoxos e endossado por Getúlio Vargas. Essa iniciativa buscava maior inserção produtiva no oeste brasileiro, dando à agricultura comercial papel de conferir estabilidade, renda e segurança alimentar aos migrantes

internos, bem como aumentar a oferta de alimentos, sendo este último o objetivo que se enquadra no PSI.

No mundo, mais destacadamente nos Estados Unidos, a soja passou a ser um dos principais produtos da pauta de exportação apenas na década de 1960, após a descoberta anos atrás de que serviria como importante fonte proteica, bem como para a manutenção de dietas equilibradas na pecuária. No Brasil, entre 1954 e 1969, a produção sojicultora cresceu em mais de dez vezes, mesmo assim a importância desta era mínima para o agronegócio nacional (Oliveira e Schneider, 2016).

De acordo com Oliveira (2016), durante a Guerra Fria, os Estados Unidos criaram embargos para a exportação de soja, o que fez surgir a oportunidade para o Brasil se inserir fortemente nesse mercado, sendo esse marco determinante para a expansão dessa cultura no país, como é observado na Figura 1. O desenvolvimento da produção no Cerrado foi favorecido pelas pesquisas realizadas pela nascente (Embrapa), a partir de estudos relevantes sobre acidez do solo e disponibilidade de nutrientes.

Figura 1 - Produção de grãos entre 1976/77 e 2018/19 no Brasil (milhões de toneladas)

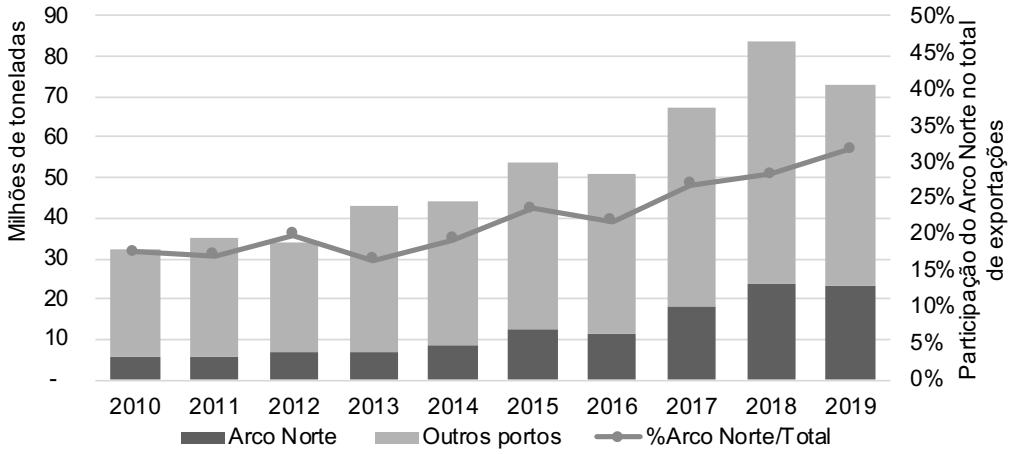


Fonte: Elaboração própria com base em CONAB (2020)

A Figura 1 apresenta o crescimento da produção desde a safra de 1976/77 até o ano de 2018/19. É observado grande aumento na produção de soja e milho (847% e 420%, respectivamente), que fez com que a produção total de grãos do país também aumentasse em 415%, comparando o primeiro e último ano de análise. A taxa anual de crescimento médio da produção de soja de 2010 a 2019 foi de 6,41% e a taxa anual de crescimento médio ponderado das duas safras de milho é de 10,64% (Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, 2020).

No mercado de produtos agroindustriais, o avanço na demanda absorveu o forte crescimento da produção, principalmente relacionado ao avanço da produtividade. A principal razão do crescimento de demanda está relacionada ao desenvolvimento dos países, com maiores níveis de renda, aumentando o consumo de proteínas, frutas e vegetais (Aguiar e Hurst, 2005; Boehlje et al., 2003). A Figura 2 traz a visão do crescimento da exportação para a soja na década de 2010 a 2019. Observa-se tendência de crescimento dos volumes exportados, com destaque para 2018, quando aumentou a participação da China como principal cliente da soja brasileira, como resultado dos embargos americanos

Figura 2 - Exportação de soja (milhões de toneladas) e participação dos portos do Arco Norte frente aos outros portos



Fonte: Elaboração própria com base em Agência Nacional dos Transportes Aquáticos - ANTAQ (2020)

Segundo Pais e Torres (2018), o fator determinante para a expansão da produção da soja mato-grossense foi a entrada da China no mercado internacional, país naturalmente consumidor da *commodity* devido às suas características industriais e que se tornou o principal destino das exportações brasileiras.

Em 2019, a exportação brasileira foi de 83,67 milhões de toneladas, sendo esse o segundo ano mais expressivo em exportações da oleaginosa (ANTAQ, 2020). Como a maior parte da produção é originada na região do Cerrado, que consequentemente é distante das regiões portuárias tradicionais (complexos de Santos e de Paranaguá), observou-se crescimento na busca e postulante utilização de novas alternativas. Destas, destacam-se os portos do Arco Norte (portos não tradicionais localizados nas regiões Norte e Nordeste do país), com destaque para os portos paraenses de Santarém e Barcarena, potencializados por sua alternativa hidroviária através do terminal de Miritituba localizado em Itaituba (PA).

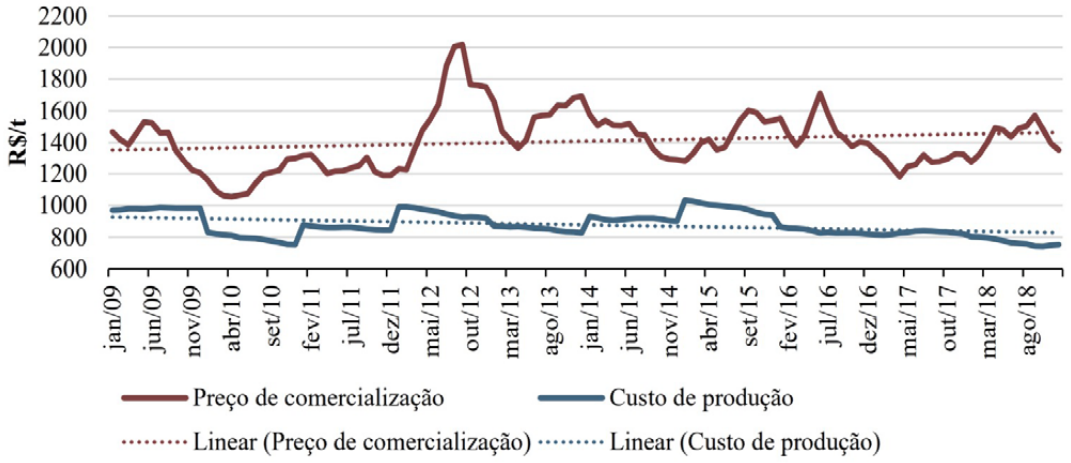
O crescimento na utilização dos portos do Arco Norte possibilitou aumento na rentabilidade do produtor rural, porém a tendência observada é de aumento real nos valores de fretes com destino aos portos paraenses (João et al., 2020).

Como outras *commodities*, os produtores agropecuários são tomadores de preços, entretanto, as atividades agroindustriais têm comportamento de preços sujeito a muitos fatores endógenos e exógenos, diferentemente de outras *commodities* (Kavussanos e Visvikis, 2011).

Como tomadores de preços, sem precisão sobre o valor que corresponde a receita da atividade, que por sua vez é determinado dentro do mercado, todas as atividades intrínsecas até a chegada do produto ao consumidor são consideradas como custos, sendo os principais custos os relacionados à produção e à logística de transporte e armazenagem, sendo que a expansão da produção desse produto depende da rentabilidade aferida a essa atividade (Von Thünen, 1826 apud Costa, 2000).

O avanço ao Cento-Oeste possibilitou redução nos custos de produção, o que junto com o constante aumento no preço internacional elevou a rentabilidade dos produtores, vide Figura 3.

Figura 3 - Preço de comercialização e custo de produção de soja (2009 a 2018)



Fonte: João et al. (2020) com base em CEPEA (2019) e CONAB (2019).

Quanto aos custos logísticos, a distância entre as unidades produtoras e consumidoras exige infraestrutura de transporte multimodal para viabilizar essa atividade. Como as distâncias são muito longas, superiores a 2.000 quilômetros para os portos tradicionais e 1.000 quilômetros para os portos do Arco Norte, a alternativa rodoviária torna-se custosa no ponto de vista econômico (Rocha et al., 2020; Wang et al. 2018; Olsson, 2009) e ambiental (Vettorazzi et al., 2017; Zhu et al., 2017). Essa condição, aliada a fatores como a baixa qualidade da via, são, na visão de Correia e Ramos (2010), determinantes para a perda de competitividade nacional, bem como para a redução de ganhos do produtor.

Entretanto, investimentos em infraestruturas alternativas são muito custosos, o que exige contrapartida pública, mesmo com grande impacto positivo nas iniciativas privadas (Rovolis e Spence, 2002). Rocha (2020) conclui através do método de Análise Envoltória de Dados que os investimentos em malha ferroviária têm de ser pautados como prioridades pelo Governo Federal como forma de reduzir impactos econômicos, sociais e ambientais para o país. O Governo Federal, a partir do PPI buscou aumentar o investimento em soluções multimodais como a ampliação da Ferrovia Norte-Sul e mais dois projetos: Ferrogrão e Ferrovia Paraense (Campos Neto, 2016). A Ferrogrão tem como objetivo conectar o centro do Mato Grosso com o terminal de Miritituba, tendo trajeto semelhante à rodovia BR-163, responsável pelo transporte de grãos com essa origem e destino no Brasil. A Ferrovia Paraense faz a ligação entre o município de Barcarena (PA) e Santana do Araguaia (PA), na divisa com o estado do Mato Grosso (PARÁ, 2017).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Frente ao principal objetivo deste trabalho, de identificar os determinantes da expansão da área cultivada de soja no bioma Cerrado, são considerados para a análise 880 municípios integrantes da área legal que compreende o bioma e que são produtores de soja, com dados que para a década de 2008 até 2017.

Dessa forma, uma vez que a disposição dos dados é bidimensional, em municípios, ou unidades cross section, e anos, será utilizada a técnica econométrica de dados em painéis dinâmicos que, de acordo com Baltagi (2005), permite além do controle da heterogeneidade não observada das unidades, superar as limitações impostas pela premissa de exogeneidade estrita dos regressores, fundamental na estimação de painéis estáticos. A forma funcional dos painéis dinâmicos é apresentada pela Equação 1.

$$y_{it} = \gamma y_{i,t-1} + x_{it}\beta + c_i + u_{it}$$

Em que y_{it} é a variável dependente no município i e no ano t, $y_{i,t-1}$ é o termo da variável dependente defasada, x_{it} representa o vetor com as K variáveis explanatórias, β representa o vetor dos coeficientes que serão estimados com dimensão K x 1, c_i representa o efeito individual não observado e u_{it} o termo de erro idiossincrático.

A estimação será realizada por meio de *Generalized Method of Moments*, uma vez que a estimação de modelos de efeitos fixos e aleatórios geram resultados enviesados pela endogeneidade. Assim, a estimação de condições de momentos para os painéis dinâmicos inicialmente decorre da aplicação de Arellano e Bond (1991), com o uso das variáveis defasadas como instrumentos.

Uma vez que há a possibilidade de que os instrumentos utilizados por Arellano e Bond (1991) sejam considerados fracos, Arellano e Bover (1995) e Blundell e Bond (1998) desenvolveram um sistema de equações com as variáveis em nível e defasadas para a instrumentalização, o estimador denominado System GMM (SYS-GMM) e considerado mais eficiente pelo uso de mais instrumentos. Assim, será utilizado o estimador SYS-GMM de duas etapas (*two steps*), que apresenta matriz de covariância assintoticamente mais eficiente que o estimador de uma etapa, por meio da correção de Windmeijer (2000).

Dentre as principais características que favorecem a utilização desse estimador, conforme aponta Roodman (2009), estão a grande adequação para problemas com amostras em que o número de unidades *cross section* é superior ao período de tempo,(N > T), tendo suas propriedades assintóticas prejudicadas para painéis com longos períodos de tempo. Além disso, a estimação em duas etapas é robusta a heterocedasticidade (variância não constante dos resíduos) e autocorrelação nas unidades *cross section*.

Wooldrigde (2010) aponta, assim, que a validação dos modelos deve estar condicionada ao teste de autocorrelação de primeira e segunda ordem, desenvolvido por Arellano e Bond (1991). Pela inclusão de termos defasados como variável explicativa é esperada a correlação serial de primeira ordem dos resíduos. No entanto, busca-se a não rejeição da hipótese nula de não correlação serial de segunda ordem, evidenciando o controle dos problemas relacionados a endogeneidade. Além disso, a validação da qualidade dos instrumentos deve ser verificada pela rejeição da hipótese nula do teste de identificação de Hansen.

Assim, o modelo econométrico estimado em sua versão mais completa pode ser expresso conforme a Equação 2.

$$lnÁrea = \beta_0 + \beta_1 lnÁrea_{i,t-1} + \beta_2 lnPIBSoja_{it} + \beta_3 lnInvRod_{it} + \beta_4 lnDensidade_{it} + \beta_5 lnReb_{it} + \beta_6 lnReb_{i,t-1} + \beta_7 lnDesmat_{it} + \beta_8 lnDesmat_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$$

Sendo:

$lnÁrea_{it}$ = logaritmo natural da área de plantação de soja no município i, no ano t;

$lnÁrea_{i,t-1}$ = logaritmo natural da área de plantação de soja no município i, no ano t-1;

$lnPIBSoja_{it}$ = logaritmo natural do PIB da soja no município i, no ano t;

$lnInvRod_{it}$ = logaritmo natural do investimento público estadual em rodovia no município i, no ano t;

$lnDensidade_{it}$ = logaritmo natural da densidade populacional no município i, no ano t;

$lnReb_{it}$ = logaritmo natural do efetivo de rebanho bovino no município i, no ano t;

$lnReb_{i,t-1}$ = logaritmo natural do efetivo de rebanho bovino no município i, no ano t-1;

$lnDesmat_{it}$ = logaritmo natural do incremento de desmatamento no município i, no ano t;

$lnDesmat_{i,t-1}$ = logaritmo natural do incremento de desmatamento no município i, no ano t-1;

β_0, β_1, β_2, β_3, β_4, β_5, β_6, β_7 e β_8 = coeficientes que serão estimados;

ε_{it} = termo do erro.

O modelo possui como variável dependente à área destinada à plantação de soja, em hectare, nos 880 municípios que possuem vegetação de Cerrado, de acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e que produzem soja, tendo como base o último ano do período, 2017, com dados do IBGE (2019)

A variável de interesse é lnInvRod, que representa a proxy do investimento público em infraestrutura e foi elaborada com base nos dados de percentuais de investimento em rodovias pelas unidades da federação, de 2010 a 2016, disponibilizados pelo Observatório Nacional de Transporte e Logística (ONTL, 2019). Os dados municipais levaram em consideração a representatividade do PIB municipal frente a renda estadual, pelos dados do Sistema de Contas Nacionais, do IBGE (2018). Para os anos em que não há cobertura, foram consideradas as taxas médias de crescimento para o cálculo das variáveis em reais.

Além dessa, merece destaque a construção proxy da variável explicativa lnPIBSoja. Por meio de dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) e da Confederação Nacional da Agricultura (CNA, 2019), foi identificada a representatividade anual dos produtos agrícolas no PIB da agropecuária. Com o auxílio dessa variável e com o uso de dados do IBGE (2019), em relação ao valor adicionado da agropecuária e da representatividade do valor bruto de produção (VPB) da soja em relação ao VBP de toda a produção agrícola do município, elaborou-se a proxy utilizada.

As demais variáveis explicativas são referentes ao efetivo de rebanhos (IBGE, 2018a), densidade populacional, ou seja, a população por quilômetro quadrado, elaborada com base nas estimativas de população do IBGE (2018b) e a variável de desmatamento da vegetação do bioma Cerrado, com dados do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia por Satélites (PRODES, 2021). A Tabela 1 apresenta as variáveis e os sinais esperados.

Tabela 1 - Variáveis e fonte dos dados

Representação	Descrição	Unidade	Fonte	Sinal Esperado
lnÁrea	Área municipal da plantação de soja	Hectare (ha)	Pesquisa Agrícola Municipal (IBGE, 2019)	Variável Dependente
lnPIBSoja	Proxy da renda agrícola da soja	Reais (R$)	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2019) e IBGE (2019)	+
lnInvRod	Proxy do investimento público estadual em rodovias	Reais (R$)	Observatório Nacional de Logística e Transportes (ONTL, 2019) e IBGE (2019)	+
lnDensidade	Densidade populacional do município	Pessoas por km²	Estimativas de População (IBGE,2018b)	-
lnReb	Efetivo do rebanho de bovinos no município	Cabeças de Gado (Unidades)	Pesquisa Pecuária Municipal (IBGE, 2018a)	+
lnDesmat	Incremento do desmatamento de vegetação do bioma Cerrado nos municípios	Hectare (ha)	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2020)	+

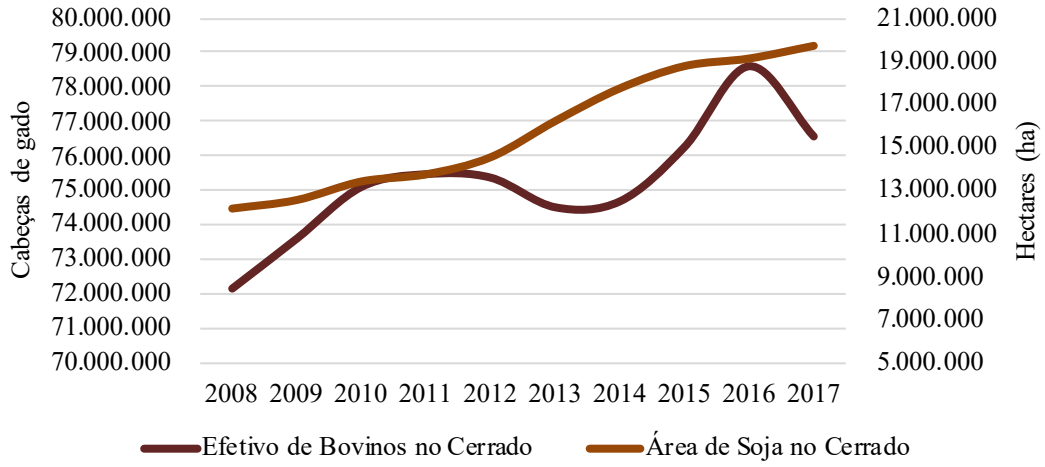
Fonte: Elaboração própria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação à variável relacionada à área destinada à produção de soja no Brasil, ao longo do período em análise, houve contínuo avanço territorial na região do bioma Cerrado. A expansão da área ocorre motivada pelos incentivos de mercado que fazem da soja o principal produto do agronegócio e da pauta de exportações nacional.

Entre 2008 e 2017, a média de crescimento da área nos municípios produtores foi de 5,47%, atingindo em 2017, 19,6 milhões de hectares. Os principais estados produtores de soja no Brasil são localizados na área de enfoque do estudo, destacadamente os estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás. No entanto, ao longo do período analisado, os protagonistas do avanço da área cultivada no Cerrado são estados da mais recente fronteira agrícola, Tocantins (avanço de 11,75% na área) e Bahia (6,45%) e que ocupam respectivamente o 7º e 5º lugar dentre os que mais possuem área destinada à produção de soja no Cerrado. A Figura 4 ilustra a evolução dos indicadores de área e rebanho.

Figura 4 - Evolução do efetivo de rebanhos e área cultivada de soja nos municípios produtores localizados no Cerrado (2008 - 2017)

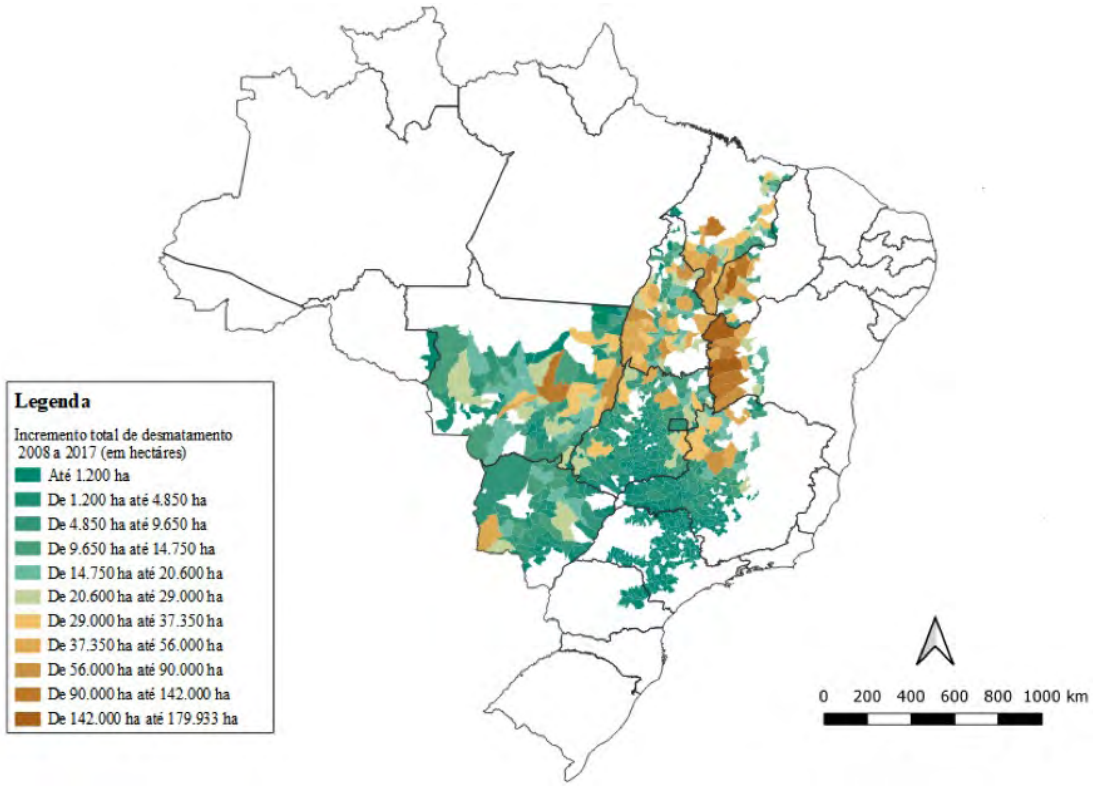


Fonte: Elaboração própria com base em IBGE (2018a) e IBGE(2019)

Além disso, na área analisada há um grande efetivo de bovinos, com grande destaque para o estado de Goiás. Considerando todo o Brasil, o Mato Grosso é o maior player da pecuária. Ao contrário da série de área, com constante crescimento, a atividade pecuária na região produtora de soja no Cerrado é constantemente afetada (Principalmente nos estados da Bahia e Tocantins) por fatores climáticos, em especial a seca. Além disso, destaque para o crescimento no preço da ração (com base em milho e soja) nos anos de 2013/2014, motivando potencial redução do efetivo. Positivamente, o contínuo aumento na demanda global por proteína pode alavancar o preço do boi de modo que há incentivo para o abate de matrizes, cenário ocorrido em 2017, justificando a diminuição do efetivo.

Merece destaque também, a evolução do desmatamento do bioma, cujo total municipal acumulado é ilustrado na Figura 5. De acordo com o INPE (2020), ao longo do período analisado, na região produtora de soja do bioma Cerrado, houve um desmatamento de 8,1 milhões de hectares. 34,57% desse total é concentrado nos estados de Tocantins e Bahia, principais regiões de avanço da produção e rebanho, indicando a possibilidade de que o desmate seja um dos fatores para aumento da área de soja. Embora com números absolutos elevados, ao longo do período, a taxa média anual de desmatamento é de -3%, número resultado de uma trajetória de queda de 2009 a 2013, a partir de quando há nova ascensão.

Figura 5 - Desmatamento de vegetação do Cerrado nos municípios produtores de soja (2008 - 2017)

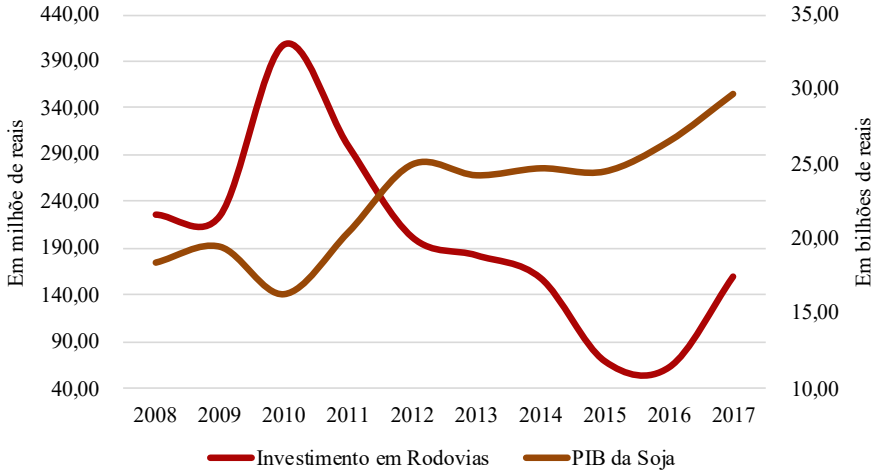


Fonte: Elaboração própria com base em INPE (2020)

Por fim, em relação às proxies das variáveis econômicas, ao PIB da soja e investimento público estadual em rodovias nos municípios, percebe-se um comportamento divergente. A variável referente ao desempenho do setor na região segue uma firme tendência de crescimento, em função principalmente do grande desempenho da atividade, motivos já apontados como explicativos para o aumento da área. No entanto, conforme apresenta a Figura 6, os dados de investimento público em rodovias, variável de interesse, apresentam uma problemática trajetória decrescente.

Apesar de um aumento dos investimentos nos anos iniciais da série, que coincidem com o início da adoção de políticas econômicas fiscais expansionistas visando a mitigar os impactos oriundos da crise financeira global, pós-crise do subprime, a deterioração das contas públicas, inclusive em função da continuação forçada das ações anticíclicas promoveram uma inflexão e queda nos recursos disponibilizados. Soma-se a isso a necessidade de ajuste fiscal e a consequente diminuição na possibilidade de investimento mediante os impactos que a recessão impôs a arrecadação.

Figura 6 - Evolução do PIB da atividade agrícola da soja e do investimento estadual em rodovias (2008 -2017)



Fonte: Elaboração própria com base em ONTL (2019) e IBGE (2019)

Inicialmente, antes da estimação do modelo econométrico, é relevante a detecção de eventuais séries não estacionárias, uma vez que, com isso, há a possibilidade de geração de regressões espúrias. Dessa forma, há a necessidade de aplicação de testes de raiz unitária específicos para dados em painéis.

De acordo com Baltagi e Pesaran (2007), os testes de raiz unitária para a combinação de unidades *cross section* com série de tempo foram elaborados em diferentes períodos, sendo assim classificados como testes de primeira geração, os que consideram como hipótese a ausência de dependência seccional. A dependência seccional ocorre quando há elevada correlação entre as unidades do painel e pode ser causada principalmente pela presença de efeitos transbordamento (*spill – over*) ou por fatores comuns não observáveis.

Dessa forma, a realização de teste de raiz unitária de primeira geração em variáveis que apresentem dependência seccional pode enviesar os resultados obtidos. Nesses casos, recorre-se à realização dos testes de segunda geração, como o teste de Fisher, uma versão do teste ADF (*Augmented Dickey – Fuller*) robusta ao problema. Assim, anteriormente foi realizado o teste de dependência seccional Pesaran (2007) e após a constatação de que as séries possuem independência seccional, o teste de Fisher para raiz unitária foi performado e os resultados são expostos na Tabela 2.

Tabela 2- Testes de dependência seccional e raiz unitária.

	Dependência Seccional	Fisher - Raíz Unitária	
	CD	Chi(2) - Com intercepto	Chi(2) - Com intercepto e tendência
lnÁrea	626,97	2.313,50	3.434,30
lnPIBSoja	425,47	2.611,78	2.345,68
lnInvRod	1.643,30	6.132,07	276,88
lnDensidade	896,52	5.935,40	11.600,00
lnRebanho	112,80	3.639,89	4.168,72
lnDesmatamento	386,66	2.812,33	2.399,41

Fonte: Elaboração própria.

Assim, por meio do teste de Fisher, há evidências de que todos os painéis são considerados estacionários, se considerando a versão com intercepto (*drift*). Em relação à regressão para o teste que inclui o termo de tendência determinística (*trend*) há rejeição de hipótese de estacionariedade para a variável *lnInvRod*. No entanto, uma vez que Barbieri (2009) aponta a perda de poder de teste com a inclusão do termo de tendência, lançando dúvida sobre os resultados, a variável será considerada estacionária.

Frente à confirmação da estacionariedade das séries, foram estimados os modelos de regressão por meio do System GMM e cujos resultados são dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados dos modelos econométricos

Variáveis	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
$lnÁrea_{(t-1)}$	0,7093*	0,6988*	0,7297*
	(11.92)	(10.46)	(12.22)
lnPIBSoja	0,2456*	0,2507**	0,2077**
	(2.85)	(2.47)	(2.25)
lnInvRod	0,1942*	0,2744*	0,1826*
	(2.77)	(3.33)	(2.62)
lnDensidade	-0,1920*	-0,2744*	-0,1791**
	(-2.76)	(-3.24)	(-2.55)
lnReb	-0,4098*	-1,9189*	-1,2517**
	(-2.98)	(-2.63)	(-2.31)
$lnReb_{(t-1)}$		1,3411**	0,8900***
		(2.07)	(1.84)
lnDesmat	-0,0169	-0,0222	0,0151
	-0,6400	-0,7400	0,3200
$lnDesmat_{(t-1)}$			-0,0223
			(-0.89)
Constante	1,3412	2,4402**	1,2866
	(1,34)	(2,03)	(-1,22)
Nº de observações	5312,00	5312	5118
Grupos	786,00	786	760
Instrumentos	27,00	29	31
Teste de Arellano e Bond (AR1)	0,000	0,000	0,000
Teste de Arellano e Bond (AR2)	0,44	0,235	0,356
Chi(2) Hansen	27,4	16,32	21,88
p-valor Hansen	0,007	0,232	0,081

* Significância estatística a 1%, ** Significância estatística a 5% e *** Significância estatística a 10%

Teste F apresentou p-valor 0,000.

Notas: Para a estimação dos modelos, as variáveis relacionadas à ocupação da terra e à atividade econômica da produção de soja foram consideradas como predeterminadas endógenas para fins de instrumentalização. Apenas as variáveis lnInvRod e lnDensidade foram consideradas como estritamente exógenas. As variáveis dummies foram consideradas instrumentos exógenos apenas para a equação em nível (conforme sugerido por Roodman, 2009). Além disso, buscando o controle da proliferação do número de instrumentos, foi utilizada a opção "colapso", que permite a combinação dos instrumentos e a limitação das defasagens utilizadas considerando a configuração de lags (2 4). Correção de pequenas amostras e erros padrão robustos foram aplicados. Variáveis dummies estão omissas, mas foram significantes estatisticamente, com exceção da variável referente ao ano de 2012.

Em relação aos testes de pós estimação, importantes para a validação do modelo, em todas as versões apresentadas cumpre-se a expectativa de rejeição da hipótese nula de não autocorrelação de primeira ordem AR(1), por meio do teste de Arellano e Bond. No entanto, não há a rejeição da hipótese de ausência de correlação de segunda ordem. Além desse, os resultados referentes aos números de instrumentos indicam que a quantidade dos instrumentos é inferior ao total de grupos do painel, evitando o problema de "muitos instrumentos", destacado por Roodmann (2009). Em relação à qualidade dos instrumentos, destaque para o teste de Hansen. Excetuando o Modelo 1, há a validação dos instrumentos, pela não rejeição da hipótese de validade das restrições de sobreidentificação, indicando assim que os modelos 2 e 3 são válidos.

Em relação aos resultados dos coeficientes da variável *lnÁrea* $_{(t-1)}$, nos modelos 2 e 3, há significância estatística a 1% da variável dependente defasada, indicando, assim, que o uso de terras para a produção sojicultora no período anterior é determinante para a expansão no ano seguinte. Esse efeito retroativo era esperado e mostrou-se significativo. A atividade agrícola da soja se mostra extremamente vantajosa, considerados os recordes de produção nacional, a presença do produto brasileiro no exterior e os preços pagos, fatores que permitem vislumbrar que há pleno estímulos de crescimento.

No mesmo caminho, as justificativas indicadas acima são responsáveis por explicar o resultado esperado de que os aumentos na renda da atividade, pela variável *lnPIB*, são incentivos positivos expansão das atividades, por meio da expansão da área cultivada.

Para a principal variável de interesse desse trabalho, *lnInvRod* , o resultado positivo e estatisticamente significante, com uma elasticidade de curto prazo de aumento de 0,27% na área frente avanço de 1% nos investimentos em rodovias, comprova o esperado de que os investimentos em rodovias, aqui representando também os investimentos em logística, em geral são demasiados importantes para atividade agropecuária, justamente por caracterizar uma rede de infraestrutura básica e cuja pré-existência pode ser determinante para a escolha de expansão da atividade agropecuária.

A logística é destacadamente um dos principais gargalos do agronegócio brasileiro. Os resultados corroboram a visão de Viera Filho (2018) de que investimentos em rodovias são relevantes frente os impactos tanto na competitividade como na sustentabilidade ambiental da atividade. O autor ainda aponta que, para a região Centro Oeste, e consequentemente para grande parte da área do Cerrado, frente às escassas perspectivas de ampliação dos investimentos em ferrovias, a ampliação da malha rodoviária, bem como a duplicação e a recuperação da malha em condições ruins surgem como importantes para o escoamento da produção. Além do fornecimento de condições básicas, o aumento do investimento em infraestrutura é importante agregador da produtividade na agropecuária, conforme evidenciam Mendes, Teixeira e Salvato (2009), que uma elevação percentual unitária nos investimentos em rodovias são responsáveis por elevar em 0,78% da PTF (Produtividade Total dos Favores) do agro.

A variável lnDensidade apresenta o sinal negativo esperado e é significante, em ambos os modelos validados. Conforme a expectativa, uma maior densidade populacional, ou seja, uma maior concentração de pessoas, tende a ser menor em cidades com características mais rurais. Isso decorre de um processo natural de mudança estrutural da economia, na qual há uma maior concentração de pessoas em grandes centros urbanos, trabalhando no setor de serviços, fruto da diminuição da dependência da economia pela agricultura e pelo processo de automação no campo.

Em suma, pode-se considerar que valores menores da variável de densidade representa um grau de ruralismo dos municípios, de modo que o reflexo de diminuição da área cultivada frente ao aumento é esperado.

Ambos os modelos consideraram variáveis relacionadas ao rebanho de bovinos como importante determinante do avanço da área. Os resultados dos modelos 2 e 3 apontam a significância estatística dos coeficientes das variáveis *lnReb* e da defasada $lnReb_{(t-1)}$. Embora a expectativa inicial de que um maior efetivo de rebanhos fosse responsável por induzir uma expansão da área cultivada, uma vez que há uma estreita relação entre os complexos agroindustriais da soja e da carne, pelo fornecimento de ração animal, os resultados indicam que aumentos no período corrente (t) no efetivo de rebanhos promovem redução na área cultivada. Uma possível explicação para isso decorre de que a produção pecuária demanda também de áreas para a criação de pastagens, de acordo com Dias Filho (2011), para sistemas produtivos mais baratos e de qualidade. Isso pode indicar que há competição por área, justificando o coeficiente negativo.

No entanto, a variável referente ao período t-1 apresenta sinal positivo e significância estatística. Isso decorre do fato de que a atividade pecuária é uma importante liberadora de espaço para o avanço da produção agrícola. Dessa forma, embora o efeito de um aumento no efetivo de rebanho no mesmo período indique uma redução na área cultivada, quanto maior o efetivo de rebanhos no período anterior há um consequente aumento na área destinada a produção de soja.

Essa justificativa é subsidiada pelos resultados do Modelo 3, que inclui variáveis relacionadas ao desmatamento de áreas características do bioma Cerrado nos períodos t e t-1. Os resultados indicam que não há significância estatística para as variáveis como explicativas para o aumento da área, contrariando a expectativa inicial e intuitiva de que o desmatamento é um dos motores do avanço da área agrícola. Porém, diversos indícios, como os trabalhos de Noojipady et al. (2017), para o Cerrado e Domingues e Bermann (2012) e Boerema et al. (2016), para áreas da Amazônia, apontam que a soja ocupa áreas de desmatamento após o uso da pecuária, de forma que a não significância das variáveis de desmatamento e o efeito positivo da variável defasada do efetivo de rebanhos entre as áreas tendem a possuir uma relação dada a dinâmica de ocupação do território.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade agropecuária é sabidamente uma das mais relevantes para a economia do Brasil. Frente a grande importância que a cadeia da soja apresenta, sendo o principal produto da pauta de exportações nacional, merece dessa forma atenção especial nas análises sobre quais os determinantes do avanço dessa atividade, principalmente para os municípios produtores que se localizam no Cerrado, bioma que ocupa as regiões mais dinâmicas da atividade no país.

Frente o objetivo central desse trabalho, de identificar os principais determinantes do aumento da área destinada à produção da soja, com foco principal sobre o papel do investimento em logística, os resultados obtidos por meio da estimação de modelos de painéis dinâmicos por meio de SYS-GMM apontam para a efetividade do aumento dos investimentos em logística, mensurados por uma proxy de investimento estadual em rodovias nos municípios, para o aumento da área cultivada.

Esse resultado evidencia a importância do investimento em logística como um aspecto relevante para a decisão de ampliação da produção. As regiões produtoras de soja no Cerrado, que configuram desde as décadas de 1970 e 1980 a principal região agrícola do país, carece de infraestrutura para o avanço da produção, seja no eixo tradicional, representado pelos estados de Mato Grosso e Goiás, como para as novas áreas de fronteira, como a Bahia e o Tocantins.

O aumento do investimento público é importante tanto como aumento de infraestrutura básica, como atrativo para o crescimento da participação privada, principal responsável pelos projetos de investimentos. Logo, considerando o investimento em rodovias como mais básico e essencial, ao se considerar a estrutura logística do Brasil, permite-se inferir que há diversos efeitos, não mensurados neste trabalho, sobre o investimento em armazenagem, ferrovias e indústria e consequente impacto social sobre emprego, renda e desenvolvimento.

Nesse sentido, é inegável que o aumento do investimento deve ser prioridade, sendo preciso que, se não diretamente, por motivos de impossibilidade fiscal do Estado para que seja exclusivamente público, ocorra por meio de parcerias e concessões.

Além disso, destaque para a pecuária como importante integrante no ciclo de liberação de terras para a agricultura e a relação entre ocupação de terras e o desmatamento. Dentre as demais variáveis, destaque para o efeito recursivo que o aumento da área no passado possui sobre o avanço presente e sobre como o grande desempenho do segmento é estímulo de mercado para o avanço.

Por fim, enfatiza-se que uma vez que o objetivo do trabalho considera apenas indicar os determinantes da área numa dinâmica de curto prazo (uma década), novas abordagens focadas no longo prazo podem justamente buscar confrontar os resultados aqui evidenciados e com a inclusão de outras variáveis, como a inclusão dos investimentos privados, crédito rural e de custo de operação, não inclusas nesta análise.

6. REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

AGUIAR, M.; HURST, E. Consumption versus expenditure. Journal of Political Economy, v. 113, n. 5, p. 919–948, 1 out. 2005.

ANTAQ – Agência Nacional dos Transportes Aquaviários. Estatístico Aquaviário. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>. Acesso em: 23 abr. 2021.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. The Review of Economic Studies, v. 58, n. 2, p. 277, 1 abr. 1991.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of error- components models. Journal of Econometrics, v. 68, n. 1, p. 29–51, 1 jul. 1995.

BALTAGI, B. Econometric analysis of panel data. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. BALTAGI, B. H.; PESARAN,H. M. (2007). Heterogeneity and cross section dependence in panel data models: theory and applications introduction. Journal of Applied Econometrics. V. 22, n. 2, p. 229 -232, 2007.

BARBIERI, L. Panel unit root tests under cross-sectional dependence: An overview. Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications, v. 1, n. 2, p. 117-158, 2009.

BARROZO, J.C; ROSA, J. C. A expansão do cultivo da soja no brasil através dos dados oficiais. Pampa: Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales, n. 18, p. 79-98, 2018.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. Journal of Econometrics, v. 87, n. 1, p. 115–143, 1998.

BOEHLJE, M.; FULTON, J. R.; GRAY, A. P.; NILSSON. Strategic Issues in the Changing Agricultural Industry, 2002. Disponível em: <https://agribusiness.purdue.edu/wp-content/uploads/2019/08/r-12-2003-boehlje-fulton-gray-nilsson.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2021.

BOEREMA, A.; PEETERS, A.; SWOLFS, S.; VANDEVENNE, F.; JACOBS, S.; STAES, J.;

MEIRE, P. Soybean trade: balancing environmental and socio-economic impacts of an intercontinental market. PloS one, v. 11, n. 5, 2016.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo : origem, história e distribuição. In : MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). A soja no Brasil. Campinas : ITAL, p. 1-6, 1981.

CAMPOS NETO, C. A. S. Reflexões sobre investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil. Radar IPEA, v. 47, p. 7–21, 2016.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicador da Soja ESALQ/BM&FBOVESPA - Paranaguá. 2019. Disponível em:

<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx\>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CNA - Confederação Nacional da Agricultura. Balanço 2017 PIB do Agronegócio, 2018. Disponível em < https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/pib_agronegocio_balanco_2017.pdf> Acesso em 21 abr. 2021.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. Boletim da Safra de Grãos. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=20>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. Custos de produção. 2019. Disponível em:

<https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao>. COSTA, F. G. Avaliação do potencial de expansão da soja: uma aplicação do modelo de Von Thunen. Universidade de São Paulo. 2000.

DIAS, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. Revista Brasileira de Zootecnia,, v. 40. p.243-252, 2011.

DOMINGUES, M. S; BERMANN, Célio. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Ambiente & sociedade, v. 15, n. 2, p. 1-22, 2012.

GARCIA, J. R; BUAINAIN, A. M. Dinâmica de ocupação do Cerrado Nordestino pela Agricultura: 1990 e 2012. Revista de economia e sociologia rural, v. 54, n. 2, p. 319-338, 2016. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas de População. Disponível em < https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html > Acesso em: 2. jan. 2021. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal. Disponível em < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> Acesso em: 2. jan. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal. Disponível em < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas> Acesso em: 2. jan. 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Nacionais. Disponível em < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas> Acesso em: 2. jan. 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. PRODES (Desmatamento). Disponível em <http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes /legal_amazon /rates >. Acesso em: 21. abr. 2020

JOÃO, A.M.; COSTA, E.L.; BARTHOLOMEU, D.B.; SANTOS, R.M.; Estudo sobre a Influência do frete no comportamento da margem do produtor rural. In: 58º Congresso da Sober. Brasil. Foz do Iguaçu, 2020.

KAVUSSANOS, M. G.; VISVIKIS, I. D. Theory and practice of shipping freight derivatives. Risk Books, 2011.

MENDES, S. M; TEIXEIRA, E. C; SALVATO, M. A. Investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004. Revista Brasileira de Economia, v. 63, n. 2, p. 91-102, 2009.

NOOJIPADY, P.; MORTON, C. D.; MACEDO, N. M.; VICTORIA, C. D.; HUANG, C.;

GIBBS, K. H.; BOLFE, L. E. Forest carbon emissions from cropland expansion in the Brazilian Cerrado biome. Environmental Research Letters, v. 12, n. 2, p. 025004, 2017.

OLIVEIRA, G. L. T. The geopolitics of Brazilian soybeans. The Journal of Peasant Studies, v. 43, n. 2, p. 348–372, 2016.

OLIVEIRA, G. L. T.; SCHNEIDER, M. The politics of flexing soybeans: China, Brazil and global agroindustrial restructuring. The Journal of Peasant Studies, v. 43, n. 1, p. 167–194, 2016.

OLSSON, J. Improved road accessibility and indirect development effects: evidence from rural Philippines. Journal of Transport Geography, v. 17, n. 6, p. 476-483, 1 nov. 2009.

ONTL - Observatório Nacional de Transporte e Logística. Recursos e Infraestrutura – Rodoviário. Disponível em https://ontl.epl.gov.br/paineis-analiticos/painel-de-indicadores-de- transporte-e-logistica/recursos-e-infraestrutura/rodoviario/ Acesso em: 4. jan. 2021.

PAIS, J. M.; TORRES, C. E. G. Logística de transportes e expansão da produção de soja no Centro oeste. Revista de Economia do Centro-Oeste, Goiânia, v. 4, n. 2, p. 21-38, 2018 PARÁ. Secretaria do Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia. Relatório de Impacto Ambiental da Ferrovia Paraense S.A, Belém, 2017. Disponível em: <http://www.sema.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/rima/RIMA_Ferrovia ParaenseSA.pdf.> Acesso em 20 abr. 2021.

PESARAN, M. H. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. Journal of applied econometrics, v. 22, n. 2, p. 265-312, 2007.

ROCHA, F.V.; COSTA, E.L.; JOÃO, A.M.; CAIXETA-FILHO, J.V. O custo de transporte

como determinante do desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros. In: XXIII Seminários em Administração. São Paulo, SP. 2020.

ROCHA,F.V. Investimento em infraestrutura no Brasil: políticas públicas, agronegócio e desenvolvimento econômico. 2016. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/D.12.2017.tde-17012017-150022. Acesso em: 23 abr. 2021.

ROODMAN, D. How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. Stata Journal, v. 9, n. 1, p. 86–136, 2009.

ROVOLIS, A.; SPENCE, N. Duality theory and constfunction analysis in a regional context: the impact of publicinfrastructure capital in the Greek regions. The Annals of Regional Science, v. 36, n. 1, p. 55-78, 1 fev. 2002.

VETTORAZZI, A. C.; JOAO, A. M.; ROCHA, F. V.; CAIXETA-FILHO, J. V. Emissão de

CO_2 na logística de exportação de soja do mato grosso: o caso das exportações pelo arco norte. Empreendedorismo, Gestão e Negócios Revista do Curso de Administração, v. 6, p. 225-245, 2017.

VIEIRA FILHO, J.E.R.O. A fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. O.; GASQUES, J. G. O.; CARVALHO, A. X. Y. D.; SOTERRONI, A. C.; MOSNIER, A., GURGEL, A. C.;

NAVARRO, Z. Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: IPEA, 2016. WANG, L.; XUE, X.; ZHAO, Z.; WANG, Z. The impacts of transportation infrastructure on sustainable development: emerging trends and challenges. International journal of environmental research and public health, v. 15, n. 6, p. 1172, 2018.

WINDMEIJER, F. A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. Journal of econometrics, v. 126, n. 1, p. 25-51, 2005.

WOOLDRIDGE, J. M. Econometric analysis of cross section and panel data. MIT press, 2010. ZHU, Z.; LIU, Y.; TIAN, X.; WANG; Y.; ZHANG, Y.. CO_2 emissions from the

industrialization and urbanization processes in the manufacturing center Tianjin in China. Journal of Cleaner Production, v. 168, p. 867-875, 2017.



LOGISTICS AND AGRICULTURE: THE ROLE OF INFRASTRUCTURE INVESTMENTS FOR EXPANSION OF SOYBEAN PRODUCTION IN THE *CERRADO* SAVANNAS

Everton Lima Costa
USP

Abner Abner Matheus João
USP

José Vicente Caixeta-Filho
USP

Thiago Guilherme Péra
USP

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 24% do território nacional. As áreas cobertas pela vegetação desse bioma tornaram-se as principais regiões produtoras de soja no país, a partir da segunda metade do século passado. Dentre os obstáculos para essa expansão da atividade está a defasada estrutura logística, que dependente do modal rodoviário para o transporte da produção, é um grande entrave para a competitividade do agronegócio brasileiro. Frente a esse cenário, de importância de maiores investimentos em logística, o objetivo principal maior deste trabalho é indicar quais os principais determinantes para o avanço da área cultivada de soja nos municípios produtores do Cerrado, com ênfase no papel dos investimentos em infraestrutura logística, representados pelos investimentos públicos em rodovias, no crescimento da área produzida. Para isso, foram estimados modelos econométricos de painéis de dados dinâmicos, por meio de System GMM. Os dados são de 880 municípios, para a década de 2008 até 2017. Os resultados apontam que aumentos no investimento em rodovias são determinantes positivos e estatisticamente significantes para o aumento da área cultivada. Além dessa variável, os resultados apontam que o desempenho econômico da atividade apresenta efeito positivo sobre o aumento da área, bem como a densidade populacional, efeitos negativos. Foram consideradas ainda variáveis referentes ao desmatamento e rebanhos de bovinos, para o período corrente e anterior.

Palavras-chave: Infraestrutura, Soja, Dados em Painel.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest Brazilian biome, occupying 24% of the national territory. The areas covered by the vegetation of this biome became the main soy producing regions in the country, from the second half of the 20th century onwards Among the obstacles to this expansion of activity is the outdated logistical structure, which, depending on the road modal for transporting production, is a major obstacle to the competitiveness of Brazilian agribusiness. Faced with this scenario, the importance of greater investments in logistics, the main objective of this work is to indicate which are the main determinants for the advance of the cultivated area of soy in the producing cities of the Cerrado, with emphasis on the role of investments in logistics infrastructure, represented by public investments in highways, in the growth of the produced area. For that, dynamic panel data models were estimated, through System GMM. The data are from 880 municipalities, for the decade from 2008 to 2017. The results show that increases in investment in highways are positive and statistically significant determinants for the increase in the cultivated area. In addition to this variable, the results indicate that the economic performance of the activity has a positive effect on the increase in the area, as well as population density, negative effects. Variables related to deforestation and cattle herds, for the current and previous period, were also considered.

Keywords: Infrastructure, Soy, Panel Data.

1. INTRODUCTION

Agribusiness plays an important role in the Brazilian economy, accounting for 23.5% of its Gross Domestic Product (CNA and CEPEA, 2018). Its grain output has been rising significantly, in parallel to the expansion of its plantations (particularly with the introduction of crops in the Centre-West region) and gains in productivity.

This upsurge in output clustered in Centre-West Brazil is taking place through a soybean 'tropicalisation' process, as mentioned by Barrozo and Rosa (2018). This consists of developing new soybean varietals suitable for the *Cerrado* savannas region. Brazil´s second-largest biome, the settlement of this region turned it into a major agricultural frontier from the second half of the XX century onwards. Since the 1990s, grain-growing activities expanded into Maranhão, Bahia, Tocantins, and Piauí States, across the Northeast *Cerrado* savannas (Garcia and Buainain, 2016).

However, the transport infrastructure failed to keep pace with this upsurge in grain production, particularly soybeans. As a result, most of this output is still shipped out by road, which is the most expensive means of transport. Part of this problem derives from the need for heavy investments in multimodal transport infrastructure, such as port and waterway terminals, often requiring public counterparts for the conceptualisation or construction of solutions.

The main purpose of this paper is to identify the key determinants fuelling the expansion of soybean plantations across the *Cerrado* savannas, while also highlighting the role of investments in logistics and infrastructure, represented by public investments in highways, as driving factors behind the expansion of planted areas. Its key hypothesis is that the rising amounts spent on building highways (meaning the introduction of basic infrastructure) is crucial for decisions underpinning the steady expansion of soybean-growing activities.

Thus, in addition to this Introduction, this paper consists of, in sequence, a section on a Review of the Literature, Materials and Methods, and a presentation of the econometric instruments and data sources used. The fourth section presents the Results and Discussions, ending with the Closing Remarks.

2. REVIEW OF THE LITERATURE

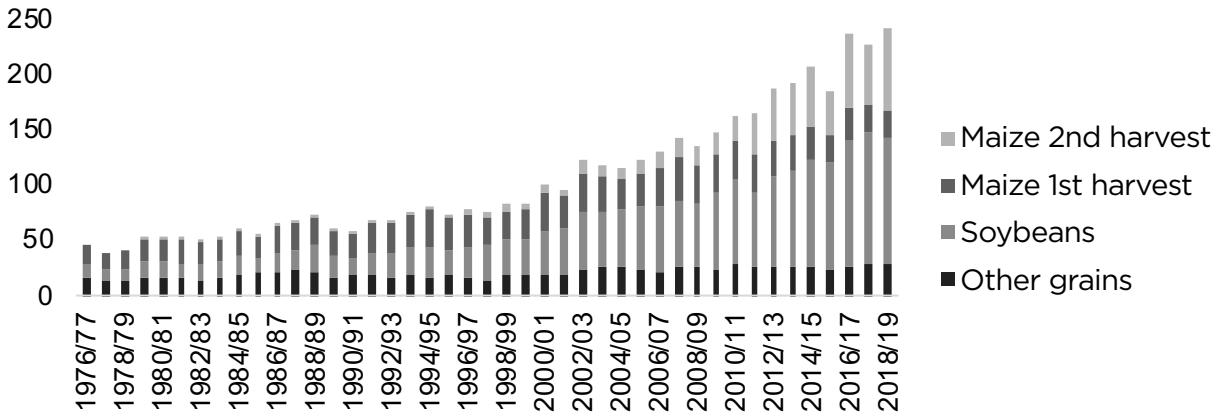
According to Bonetti (1981), soybeans were introduced to Brazil by Japanese immigrants (who first arrived in 1908), as they were part of the traditional Japanese diet, but not eaten by most of the Brazilian population. Soybeans were initially grown in São Paulo and Paraná States, expanding during the mid-XX century, through integrating agriculture with the import substitution process conceptualised by heterodox economists and endorsed by President Getúlio Vargas. This initiative strove to boost output in Western Brazil, assigning commercial agriculture the role

of ensuring stability, income, and food security for domestic migrants, while also boosting food supplies, with the latter being the purpose leading to its inclusion in the import substitution process.

Elsewhere in the world, and more particularly in the USA, soybeans rose to the top of export product listings only during the 1960s, after the discovery some years earlier that they were a major source of protein, and could also ensure balanced diets for the ranching segment. Between 1954 and 1969, the output of Brazil´s soybean sector rose more than tenfold; nevertheless, its importance was still minimal for Brazilian agribusiness (Oliveira and Schneider, 2016).

According to Oliveira (2016), the USA blocked soybean exports during the Cold War. This opened up opportunities for Brazil to move strongly into this market, which was a major milestone for the expansion of this crop in Brazil, as shown in Figure 1. The upsurge in output on the Cerrado savannas was favoured by research conducted by the newly established Brazilian Agricultural Research Enterprise (EMBRAPA), based on massive studies of soil acidity and nutrient availability.

Figure 1 – Grain output between 1976/77 and 2018/19 in Brazil (million tons)

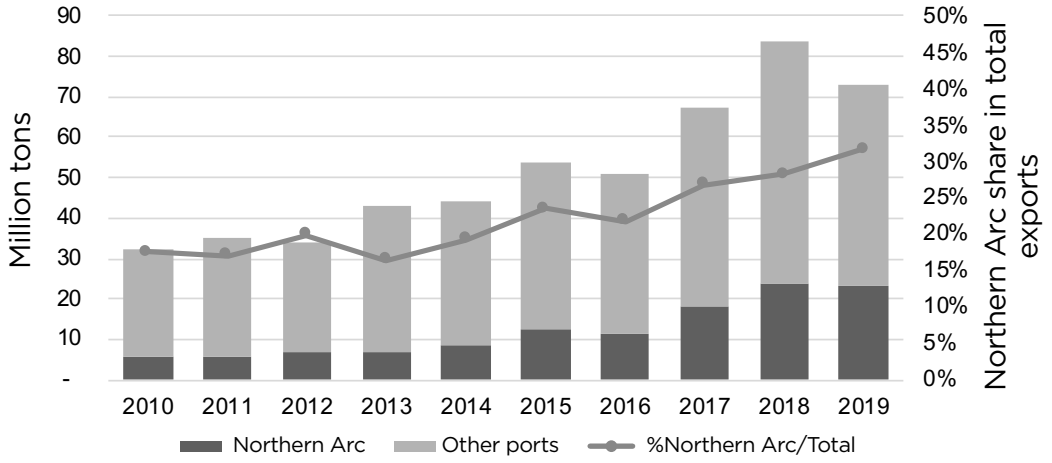


Source: Prepared by the author, based on CONAB (2020)

Figure 1 shows the upsurge in production between the 1976/77 and 2018/19 harvests. A huge increase in soybeans and maize output is apparent (847% and 420% respectively), which bumped up Brazil´s total grain output by 415%, between the first and last years of this analysis. The mean annual growth rate for soybean production between 2010 and 2019 reached 6.41%, with a weighted mean annual growth rate for the two maize harvests of 10.64% (National Supply Company – CONAB, 2020).

In the agri-industrial produce market, rising demands absorbed this upsurge in output, particularly in terms of progress in productivity. The main reason behind these rising demands is related to the development of countries all over the world, with higher income levels driving up the consumption of protein, fruit, and vegetables (Aguiar and Hurst, 2005; Boehlje et al., 2003). Figure 2 presents an overview of soybean export growth between 2010 and 2019. There is an uptrend in export volumes, peaking in 2018, when China´s share as a major buyer of Brazilian soybeans was ratcheted up by the US embargos.

Figure 2 - Soybean exports (million tons) and shares held by ports in the Northern Arc (Arco Norte) compared to other ports



Source: Prepared by the author, based on the National Waterborne Transport Regulator - ANTAQ (2020)

According to Pais and Torres (2018), the determinant driving the expansion of soybean production in Mato Grosso State was the arrival of China on the international market. A natural consumer of this commodity due to its industrial characteristics, this country became the main destination for Brazilian exports.

In 2019, Brazilian exports reached 83.67 million tons, which was the second-highest figure for oilseed exports (ANTAQ, 2020). As most of the output originates in the Cerrado savannas, which are remote from traditional port regions (the Santos and Paranaguá complexes), there was an eager search for new alternatives, which were subsequently used. Particularly noteworthy among them are the non-traditional Northern Arc ports in North and Northeast Brazil, particularly Santarém and Barcarena in Pará State, whose suitability was underpinned by the waterway alternative through the Mirituba terminal at Itaituba, also in Pará State.

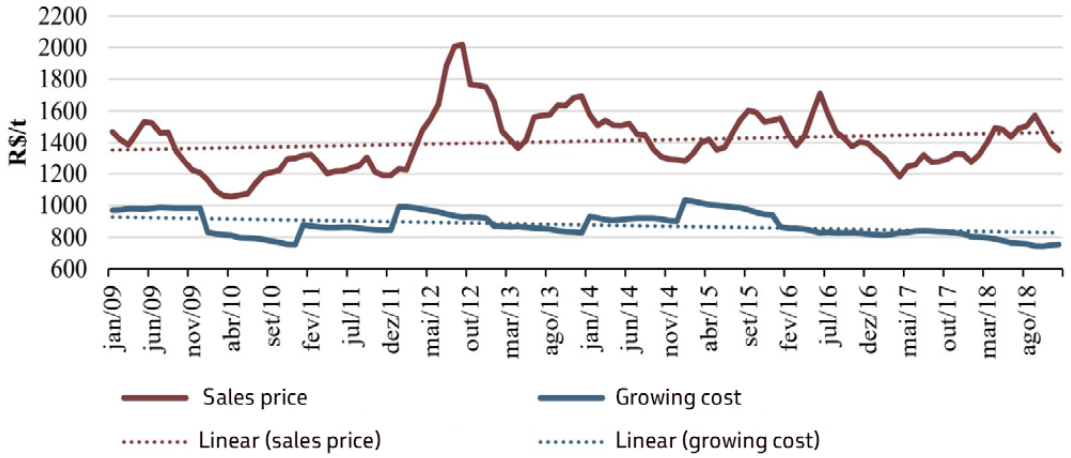
The rising use of these Northern Arc ports helped boost profits for growers, despite the real uptrend in freight rates to these ports in Pará State (João et al., 2020).

Like other commodities, farmers and ranchers are price takers. However, prices related to agri-industrial activities are subject to many endogenous and exogenous factors, in contrast to other commodities (Kavussanos and Visvikis, 2011).

For price-takers with no accurate knowledge of the value of the revenues brought in by the activities, which is in turn defined within the market, all intrinsic activities through to the delivery of the product to consumers are considered as costs. The main costs are related to production, as well as transport and storage logistics, with the expansion of output depending on the profitability of these activities (Von Thünen, 1826 apud Costa, 2000).

Expansion into Centre-West Brazil helped lower production costs. Together with a steady increase in international prices, this boosted grower profits, as shown in Figure 3.

Figure 3 - Soybeans growing costs and sales prices (2009 – 2018)



Source: João et al. (2020) based on CEPEA (2019) and CONAB (2019).

Looking at logistics costs, the distance between growing areas and consumers requires multimodal transport infrastructures to underpin the feasibility of these activities. As the distances are very long – more than 2,000 kilometres – to traditional ports and 1,000 kilometres to the Northern Arc ports, the road alternative becomes expensive, from both the economic (Rocha et al., 2020; Wang et al. 2018; Olsson, 2009) and environmental (Vettorazzi et al., 2017; Zhu et al., 2017) standpoints. Together with factors such as poor road surface quality, these conditions become, in the view of Correia and Ramos (2010) determinants for a loss in competitiveness by Brazil, in addition to shrinking grower earnings.

However, investments in alternative infrastructures are very expensive, requiring government counterparts, even with broad-ranging positive impacts on private initiatives (Rovolis and Spence, 2002). Through the Data Envelopment Analysis (DEA) method, Rocha (2020) concluded that investments in the rail network must be tagged as high priority by the Brazilian Government, as a way of easing economic, social and environmental impacts across the country. Through the PPI, the Brazilian government strove to boost investment in multimodal solutions, such as extending the Norte-Sul Railway and two other projects: the Ferrogrão grain railway and Paraense railway (Campos Neto, 2016). The Ferrogrão grain railway is intended to connect the heartlands of Mato Grosso State with the Miritituba terminal, running almost parallel to the BR-163 highway, which ships out grain from this region, with destinations in Brazil. The Paraense railway runs between Barcarena and Santana do Araguaia, both in Pará State), on the border with Mato Grosso State (PARÁ, 2017).

3. MATERIALS AND METHODS

Steered by the main purpose of this paper, which is identifying the determinants driving the expansion of soybean plantations in the *Cerrado* savannas biome, 880 municipalities are taken under consideration in this analysis, where soybeans are grown, within the legal area that constitutes this biome, with data running from 2008 to 2017.

Consequently, as the data array is two-dimensional, by municipality or cross-section units and years, the dynamic panel data econometric technique will be used that, according to Baltagi (2005) allows – in addition to controlling heterogeneity not observed in the units, surmounting the limitations imposed by the strict premise of exogeneity of the regressors, which is fundamental for estimating the static panels. The functional form of the dynamic panels is presented in Equation 1.

$$y_{it} = \gamma y_{i,t-1} + x_{it}\beta + c_i + u_{it}$$

In which y_it is the dependent variable in municipality i and year t,y_(i,t-1) is the term of the lag-dependent variable, x_it represents the vector with the explanatory K variables, ² represents the vector of the coefficients that will be estimated with dimension K x 1, c_i represents the individual unobserved effect, and u_it is the idiosyncratic error term.

The estimates will be drawn up through the Generalized Method of Moments, as the estimation of fixed and random effects models generate results that are skewed by endogeneity. Thus, the estimated conditions of moments for the dynamic panels initially derive from the application of Arellano and Bond (1991), using the lag variables as instruments.

As there is a possibility that the instruments used by Arellano and Bond (1991) may be considered weak, Arellano and Bover (1995) and Blundell and Bond (1998) developed an equation system with evenly lagging variables for instrumentalisation. This is the System GMM (SYS-GMM) estimator, which is rated as more efficient through using more instruments. Consequently, the two-step SYS-GMM estimator will be used, which presents a more efficient asymptotic covariance matrix than the single-step estimator through the Windmeijer correction (2000).

As indicated by Roodman (2009), the main characteristics encouraging the use of this estimator include its notable suitability for samples where the number of cross-section units is higher than the time period, (N > T), with their asymptotic properties adversely affected by long-duration panels. Furthermore, the two-step estimation is robust to heteroscedasticity (non-constant variance in leftovers) and autocorrelation in the cross-section units.

Consequently, Wooldridge (2010) shows that model validation must be conditional on the first and second-order autocorrelation developed by Arellano and Bond (1991). Through the inclusion of lag terms such as an explanatory variable, the serial first-order leftovers correlation is expected. However, attempts are made not to reject the null hypothesis of non-serial second-order correlation, showing control of problems related to endogeneity. Moreover, validation of the quality of the instruments must be ascertained through the rejection of the null hypothesis for the Hansen identification test.

Thus, the most complete version of the estimated econometric model may be expressed as shown in Equation 2.

$$lnÁrea = \beta_0 + \beta_1 lnÁrea_{i,t-1} + \beta_2 lnPIBSoja_{it} + \beta_3 lnInvRod_{it} + \beta_4 lnDensidade_{it} + \beta_5 lnReb_{it} + \beta_6 lnReb_{i,t-1} + \beta_7 lnDesmat_{it} + \beta_8 lnDesmat_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$$

Where:

$lnÁrea_{it}$ = natural logarithm for the soybean plantation area in municipality i, in year t;

$lnÁrea_{i,t-1}$ = natural logarithm for the soybean plantation area in municipality i, in year t-1;

$lnPIBSoja_{it}$ = natural logarithm for the soybean GDP in municipality i, in year t;

$lnInvRod_{it}$ = natural logarithm for the State Government investments in highways in municipality i, in year t;

$lnDensidade_{it}$ = natural logarithm for the population density in municipality i, in year t;

$lnReb_{it}$ = natural logarithm for the cattle herd size in municipality i, in year t;

$lnReb_{i,t-1}$ = natural logarithm for the cattle herd size in municipality i, in year t-1;

$lnDesmat_{it}$ = natural logarithm for the increase in deforestation in municipality i, in year t;

$lnDesmat_{i,t-1}$ = natural logarithm for the increase in deforestation in municipality i, in year t-1;

β_0, β_1, β_2, β_3, β_4, β_5, β_6, β_7 and β_8 = coefficients that will be estimated;

ε_{it} = error term.

As a dependent variable, the model has the area set aside for soybean plantations in hectares, in the 880 municipalities with *Cerrado* savannas vegetation, according to Brazil´s National Space Research Institute (INPE), that grow soybeans, based on the last year of the period (2017) with data provided by the Brazilian Institute for Geography and Statistics (IBGE) (2019)

The variable of interest is *lnInvRod*, which represents the proxy for public investment in infrastructure, and was prepared on the basis of investment percentage data in highways by States between 2010 and 2016, released by the National Transport and Logistics Observatory (ONTL, 2019). The municipal data take the representativity of the municipal GDP into consideration, compared to State Income, based on data from the National Accounts System prepared by the IBGE (2018). For years not covered, the mean growth rates were used for calculating the variables in Brazilian Reais.

Furthermore, the proxy construction of the *lnPIBSoja* explanatory variable is also noteworthy. Through data provided by the Applied Economics Advanced Studies Centres (CEPEA) and National Agriculture Confederation (CNA, 2019), the annual representativity of agricultural produce was identified in the farming and ranching GDP. With the help of this variable and the use of IBGE (2019) data, the proxy used was drawn up, in terms of the farming and ranching added value and the representativity of the Gross Production Value (GPV) of soybeans, compared to the GPV for all agricultural output in the municipality.

The other explanatory variables are related to the cattle herd size (IBGE, 2018a), population density, meaning the population per square kilometre, prepared on the basis of population estimates drawn up by the IBGE (2018b), and the land-clearing variable for plant life in the *Cerrado* savannas biome, with data from the Land-clearing Satellite Monitoring Project in Amazônia (PRODES, 2021). Table 1 presents the variables and the expected signs.

Table 1 - Variables and data sources

Representation	Description	Unit	Source	Expected Sign
lnÁrea	Municipal area with soybean plantation	Hectare (hec)	Municipal Agricultural Survey (IBGE, 2019)	Dependent variable
lnPIBSoja	Proxy for agricultural income from soybeans	Brazilian Reais (BRL)	Centre for Advanced Studies Applied Economics (2019) and IBGE (2019)	+
lnInvRod	Proxy for State Government investments in highways	Brazilian Reais (BRL)	National Logistics and Transport Observatory (ONTL, 2019) and IBGE (2019)	+
lnDensidade	Population density in the municipality	People x km^2	Estimated Population IBGE, 2018b)	-
lnReb	Cattle herd size in the municipality	Head of cattle (Units)	Municipal Ranching survey (IBGE, 2018a)	+
lnDesmat	Increase in land-clearing of vegetation in the Cerrado savannas biome in the municipalities	Hectare (hec)	(National Space Research Institute (INPE), 2020)	+

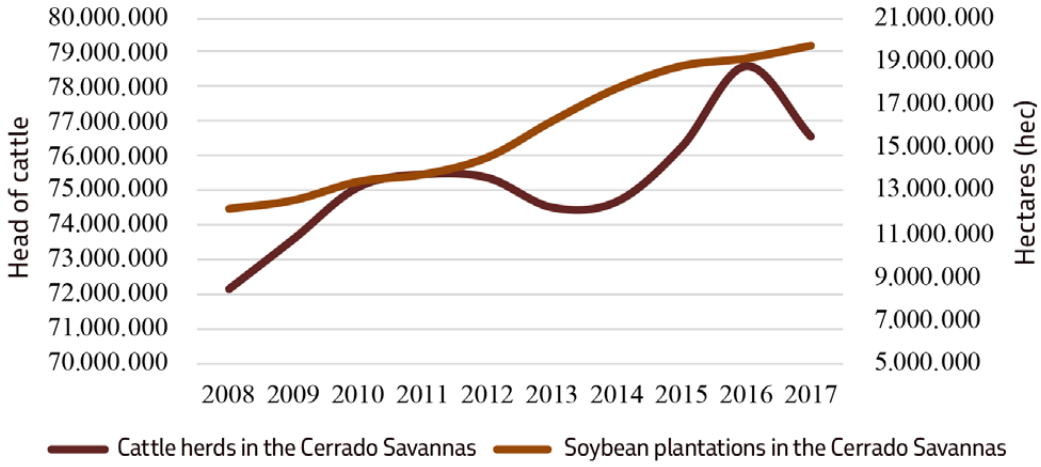
Source: Prepared by the author.

4. RESULTS AND DISCUSSIONS

With regard to the variable related to the soybean-growing area in Brazil during the period under analysis, there was a steady expansion into the Cerrado savannas biome. The expansion of these plantations was driven by market incentives making soybeans the main agribusiness product, heading up Brazil´s export listings.

Between 2008 and 2017, the mean growth rate for this area in agricultural municipalities was 5.47%, reaching 19.6 million hectares in 2017. The main soybean-growing States in Brazil are located in the area addressed by this study, particularly Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, and Goiás States. However, during the period under analysis, the driving forces behind the expansion of plantations in the Cerrado savannas are States along the newest agricultural frontier: Tocantins (11.75% expansion in planted areas) and Bahia (6.45%), ranked respectively seventh and fifth among the States with the largest soybean-growing areas in the Cerrado savannas. Figure 4 illustrates the progression of the indicators for this area, as well as for cattle herds.

Figure 4 – Progression of cattle herd size and soybean plantations in agricultural municipalities in the *Cerrado* savannas (2008 - 2017)

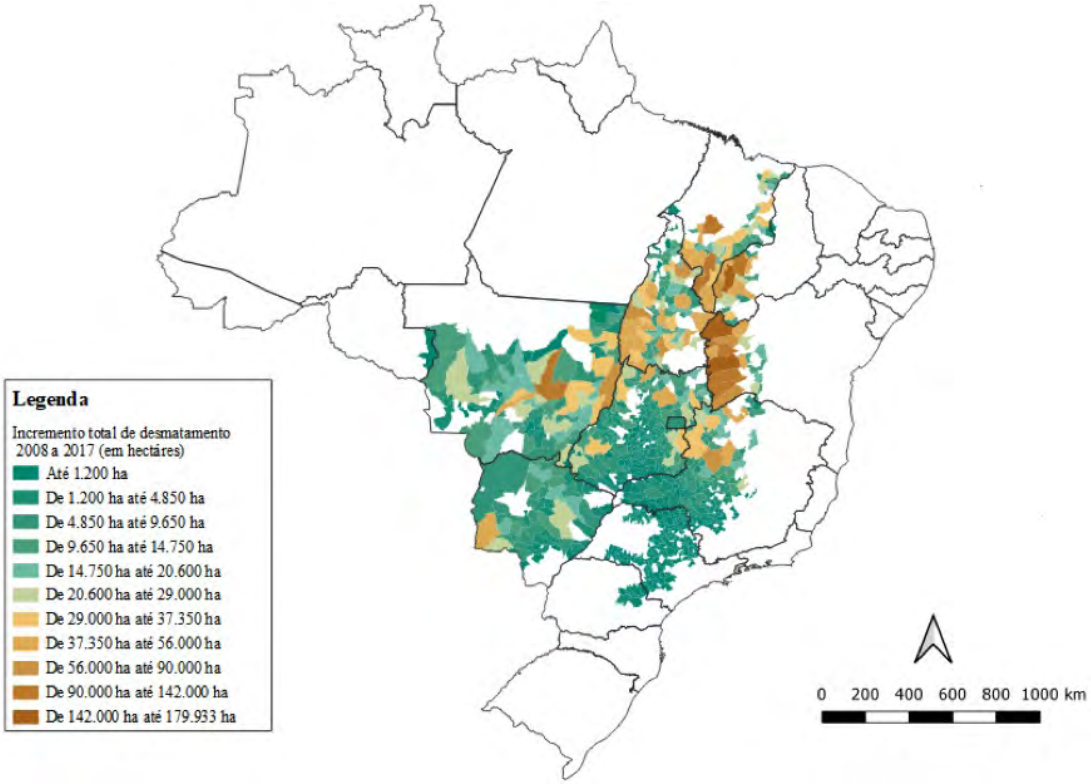


Source: Prepared by the author, based on IBGE (2018a) and IBGE(2019)

Furthermore, there are large herds of cattle in the area under analysis, particularly in Goiás State. For Brazil as a whole, Mato Grosso State is the leading player in the ranching sector. In contrast to the steadily-expanding area dataset, ranching activities in the soybean-growing region of the *Cerrado* savannas is constantly affected (mainly in Bahia and Tocantins States) by climate-related factors, especially drought. Moreover, an increase in fodder prices is also noteworthy (based on maize and soybeans) in 2013/2014, leading to a potential reduction in herd size. On the positive side, the steady increase in global demands for protein may leverage beef prices to the point that it encourages the slaughter of breeding stock, which occurred in 2017, also explaining a drop in herd size.

Also noteworthy is the expansion of land-clearing activities in this biome, whose accumulated municipal total is shown in Figure 5. According to the INPE (2020), during the period under analysis land-clearing activities affected 8.1 million hectares in the soybean-growing region of the *Cerrado* savannas biome. Of this total, 34.57% is clustered in Tocantins and Bahia States, which are the main regions where soybean-growing and cattle ranching are expanding, indicating the possibility that land-clearing may be one of the factors underpinning the expansion of soybean plantations. Although the absolute numbers are high, the mean annual land-clearing rate during the period is -3%, with this figure resulting from a downtrend between 2009 and 2013, after which it started to rise again.

Figure 5 – Clear-cutting vegetation in the *Cerrado* savannas in soybean-growing agricultural municipalities (2008 - 2017)

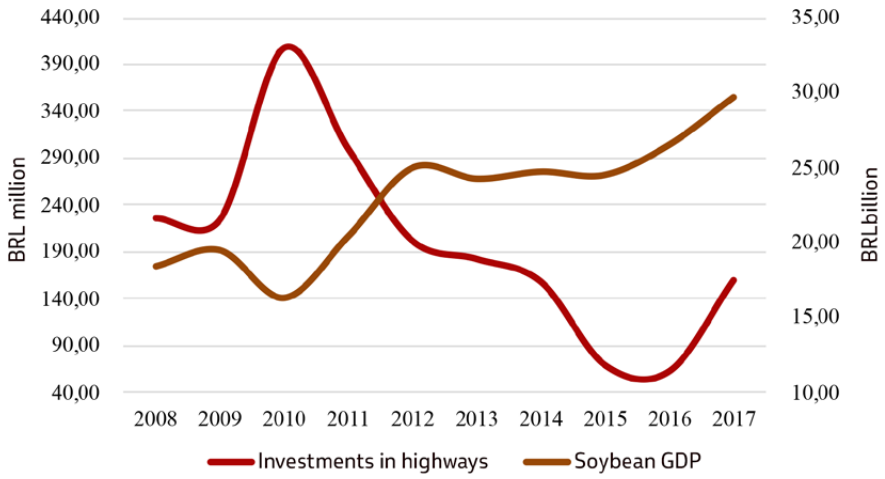


Source: Prepared by the author, based on INPE (2020)

Finally, with regard to the economic variable proxies, the soybean GDP, and State Government investments in highways in the municipalities, divergent behaviour was noted. The variable reflecting the performance of this sector in the region continues to grow steadily, spurred mainly by the impressive performance of these activities, already mentioned as explaining plantation expansion. However, as shown in Figure 6, the public investment data in highways, which is a variable of interest, presents a troubling drop.

Despite rising investments during the early years of this dataset, coinciding with the initial launch of expansionist fiscal economic policies designed to mitigate the impacts of the global financial meltdown after the subprime crisis, the deterioration in public accounts – particularly due to the forced continuation of anticyclic actions – led to a tipping point, with a drop in the allocated funding. Added to this was the need for fiscal adjustments and the resulting shrinkage in investment possibilities, undermined by the impacts of the recession on government revenues.

Figure 6 – Progression of the agricultural GDP for soybeans and State investments in highways (2008 -2017)



Source: Prepared by the author, based on ONTL (2019) and IBGE (2019)

Initially, before estimating the econometric model, it is important to detect non-stationary datasets because this opens up the possibility of generating spurious regressions. There is thus a need to run unit root tests specifically for panel data.

According to Baltagi and Pesaran (2007), the unit root tests for the combination of cross-section units with a time series were drawn up at different periods. Consequently, classified as first-generation tests, which take as a hypothesis the absence of section-specific dependence. Section dependence occurs when there is a high correlation between the panel units, which may be caused largely by the presence of spillover effects or by common but non-observable factors.

Thus, running the first-generation unit root tests on variables presenting sectional dependence may skew the findings. In these cases, second-generation tests were run, such as the Fisher test, a version of the Augmented Dickey – Fuller (ADF) test robusta ao problema. Consequently, before the Pesaran sectional dependency (2007) test was run, and after noting that the datasets were endowed with sectional independence, the Fisher unit root test was performed with the findings presented in Table 2.

Table 2- Sectional dependency and unit root tests.

	Sectional Dependence	Fisher – Unit Root	
	CD	Chi(2) - With drift	Chi(2) - With drift and trend
lnÁrea	626.97	2,313.50	3,434.30
lnPIBSoja	425.47	2,611.78	2,345.68
lnInvRod	1,643.30	6,132.07	276.88
lnDensidade	896.52	5,935.40	11,600.00
lnRebanho	112.80	3,639.89	4,168.72
lnDesmatamento	386.66	2,812.33	2,399.41

Source: Prepared by the author.

Thus, the Fisher test indicates that all the panels are considered stationary, when considering the version with drift. With regard to regression for the test concluding the deterministic trend term, the stationary status hypothesis is rejected for the *lnInvRod* variable. However, as Barbieri (2009) indicates a loss of power for the test with the inclusion of the trend term, throwing doubt on the findings, the variable will be considered as stationary.

With confirmation of the stationary status of the datasets, the regression models were estimated through the System GMM, whose findings are presented in Table 3.

Table 3 – Findings of the econometric models

Variables	Model 1	Model 2	Model 3
lnÁrea $_{(t-1)}$	0,7093*	0,6988*	0,7297*
	(11.92)	(10.46)	(12.22)
lnPIBSoja	0,2456*	0,2507**	0,2077**
	(2.85)	(2.47)	(2.25)
lnInvRod	0,1942*	0,2744*	0,1826*
	(2.77)	(3.33)	(2.62)
lnDensidade	-0,1920*	-0,2744*	-0,1791**
	(-2.76)	(-3.24)	(-2.55)
lnReb	-0,4098*	-1,9189*	-1,2517**
	(-2.98)	(-2.63)	(-2.31)
lnReb $_{(t-1)}$		1,3411**	0,8900***
		(2.07)	(1.84)
lnDesmat	-0,0169	-0,0222	0,0151
	-0,6400	-0,7400	0,3200
lnDesmat $_{(t-1)}$			-0,0223
			(-0.89)
Constante	1,3412	2,4402**	1,2866
	(1,34)	(2,03)	(-1,22)
Nº Observations	5312,00	5312	5118
Groups	786,00	786	760
Instruments	27,00	29	31
Arellano and Bond Test (AR1)	0,000	0,000	0,000
Arellano and Bond Test (AR2)	0,44	0,235	0,356
Hansen Chi(2)	27,4	16,32	21,88
Hansen p-value	0,007	0,232	0,081

* Statistical significance at 1%, ** Statistical significance at 5% and *** Statistical significance at 10%

F test presented a p-value 0.000.

Notes: To estimate the models, the variables for land occupancy and economic activity related to soybean-growing were considered as predetermined and endogenous for instrumentalization purposes. Only the *lnInvRod* and *lnDensidade* variables were considered as strictly exogenous. The dummy variables were considered as exogenous instruments only for a level equation (as suggested by Roodman, 2009). Furthermore, striving to control the proliferation of instruments, the 'collapse' option was used, allowing combinations of the instruments and limitations on the lags used, considering the lags configuration (2 4). Robust standard errors and small sample corrections were undertaken. Dummy variables are omitted, but were statistically significant, except for variables related to 2012.

With regard to the post-estimate tests, which are important for validating the model, expectations were met in all the presented versions of a rejection of the null hypothesis of first-order AR(1) non-self-correlation, through the Arellano and Bond test. However, there is no rejection of the hypothesis of second-order correlation absence. Furthermore, the findings for the instrument figures indicate that the number of instruments is lower than the total panel groups, avoiding the "many instrument" problem highlighted by Roodmann (2009). With regard to the number of instruments, the Hansen test is noteworthy. Except for Model 1, the instruments are validated through non-rejection of the validity hypothesis for the overidentification restrictions, thus indicating that models 2 and 3 are valid.

With regard to the $lnÁrea_{t-1}$ variable coefficients in models 2 and 3, there is a 1% statistical significance for the lag-dependent variable, thus indicating that the use of land to grow soybeans during the previous period is a determinant for expansion in the following year. This retroactive effect was expected and proved significant. Soybean-growing activities proved extremely advantageous, looking at record outputs for Brazil, the presence of Brazilian produce elsewhere in the world, and the prices paid, which are factors hinting that there is plenty of stimulus for growth.

Similarly, the justifications listed above explain the expected finding that rising income from the activities under the *lnPIB* variable are positive incentives driving the expansion of the activities through expansion of the plantations.

For the main variable of interest in this paper, *lnInvRod*, the positive and statistically significant finding, with a short-term elasticity of a 0.27% increase in the area, compared to a 1% rise in investments in highways proves what was expected: that investments in highways, which here represent investments in logistics as well, are generally of the utmost importance for farming and ranching activities, precisely as they configure a basic infrastructure network whose pre-existence may be a determinant for the choice to expand farming and ranching activities.

Logistics are clearly one of the main bottlenecks throttling Brazilian agribusiness. The findings corroborate the view of Viera Filho (2018) that investments in highways are significant, due to their impacts on competitiveness, as well as the environmental sustainability of the activities. The author also notes that for Centre-West Brazil, and consequently for much of the *Cerrado* savannas area, expansion of the road network, its duplication, and the repair of segments in poor conditions rank as important steps for shipping out produce, particularly due to the unlikely prospects for upping investments in railways. In addition to providing basic conditions, higher investments in infrastructure are a major aggregator for productivity in the farming and ranching sector. This has been demonstrated by Mendes, Teixeira, and Salvato (2009), showing that a high unit percentage of investments in highways was a driving force behind a 0.78% increase in the Total Factor Productivity (TFP) of the agricultural sector.

The *lnDensidade* variable presents the expected negative sign, and is significant in both validated models. As foreseen, population density, meaning more people clustered together, tends to drop in towns whose characteristics are more rural. This is due to a natural process of structural changes in the economy, with more people clustered together in major urban hubs, working in the service sector. This is the outcome of shrinking dependence of the economy on agriculture, underpinned by automation in the farming sector. In brief, it seems that the lower values for the density variable reflect the rural characteristics of

municipalities, whereby repercussions of shrinkage in planted areas compared to the increase are expected.

Both models rank cattle herd variables as important determinants behind the expansion of the area. The findings of models 2 and 3 indicate statistical significance for the lnReb and lagging lnReb(t-1) variable coefficients. Although it was initially expected that larger herds would drive the expansion of the plantations, as there is a close link between agri-industrial complexes processing soybeans and beef, due to animal fodder supplies, the findings indicate that increases in the current period (t) in herd size resulted in the reduction in the plantations. A possible explanation for this might be that cattle ranching also requires areas where grazing lands can be established according to Dias Filho (2011), for lower cost and quality ranching systems. This may indicate competition for land, justifying the negative coefficient.

However, the variable for the t-1 period presents a positive sign and is statistically significant. This is due to the fact that ranching activities release significant amounts of space where farming can expand. Thus, although the effects of larger herds during the same period indicate a reduction in plantations, larger herds during the previous period lead to a consequent increase in soybean plantations.

This justification is underpinned by the findings of Model 3, which includes variables related to land-clearing in areas characteristic of the *Cerrado* savannas biome during the t and t-1 periods. The findings indicate that there is no statistical significance for the variables explaining the increase in area, which contrasts with initial intuitive expectations that land-clearing is one of the driving forces behind the expansion of agricultural areas. However, there is circumstantial evidence, such as the studies by Noojipady et al. (2017), for the *Cerrado* savannas and Domingues and Bermann (2012) and Boerema et al. (2016) for areas of Amazônia, indicating that soybeans move into cleared areas only after they have been used as cattle-grazing lands, whereby the non-significance of land-clearing variables and the positive effect of the lag variable for cattle herds in the areas tend to have a dynamic connection to land occupancy.

5. CLOSING REMARKS

Farming and ranching activities are known to be driving forces underpinning the Brazilian economy. Due to the massive importance of the soybean chain, which is the main spring for Brazilian exports, this warrants special attention in analysis ranking the determinants behind the expansion of this activity, particularly for agricultural municipalities in the *Cerrado* savannas, which is the biome covering the regions where these activities are most dynamic in Brazil.

Pursuing the main purpose of this paper, which is to identify the main determinants driving the expansion of soybean plantations, focused mainly on the role of investments in logistics, the findings obtained through dynamic panel model estimations using the SYS-GMM method indicate the effectiveness of higher investments in logistics, measured by a proxy for State investments in highways in these municipalities, in terms of plantation expansion.

These findings underscore the importance of investments in logistics as an important aspect for decisions on stepping up output. Soybean-growing regions in the *Cerrado* savannas, which have been the main agricultural region of Brazil since the 1970s and 1980s, lack the infrastructure needed to underpin the expansion in output, whether in traditional areas represented by Mato Grosso and Goiás States, as well as frontier areas like Bahia and Tocantins States.

Rising public investments are important to enhance basic infrastructure, as well as attracting greater input from the private sector, which is the driving force behind investment projects. Consequently, considering investments in highways as basic and essential, when considering Brazil´s logistics structure, leads to the conclusion that there are several effects (not measured in this study) on investments in storage facilities, railways, and industry, with the resulting social impacts on employment, income, and development.

Along these lines, it cannot be denied that higher investments must be a priority, if not directly, at least for reasons of fiscal impossibility of the State, keeping them exclusively public, instead opting for partnerships and concessions.

Furthermore, ranching is a particularly important aspect in the land release cycle for farming activities, and the links between land occupancy and land clearing. Outstanding among the other variables is the feedback effect that past area expansion still has on current increases, and how the impressive performance of this segment is a market spur for this expansion.

Finally, it is stressed that as the purpose of this study involves only indicating the determinants for the area within a short-term dynamic (a decade), new approaches focused on longer terms could strive to compare the findings presented here with others based on the inclusion of different variables, such as private investments, rural credit and operating costs, none of which are encompassed by this analysis.

6. REFERENCES

AGUIAR, M.; HURST, E. Consumption versus expenditure. Journal of Political Economy, v. 113, n. 5, p. 919–948, October 1, 2005.

ANTAQ – Agência Nacional dos Transportes Aquaviários. Estatístico Aquaviário. Available at: <http://web.antaq.gov.br/ANUARIO/>. Accessed on: April 23, 2021.

ARELLANO, M.; BOND, S. Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. The Review of Economic Studies, v. 58, n. 2, p. 277, April 1, 1991.

ARELLANO, M.; BOVER, O. Another look at the instrumental variable estimation of error- components models. Journal of Econometrics, v. 68, n. 1, p. 29–51, July 1, 1995.

BALTAGI, B. Econometric analysis of panel data. Chichester: John Wiley & Sons, 2005. BALTAGI, B. H.; PESARAN,H. M. (2007). Heterogeneity and cross section dependence in panel data models: theory and applications introduction. Journal of Applied Econometrics. V. 22, n. 2, p. 229 -232, 2007.

BARBIERI, L. Panel unit root tests under cross-sectional dependence: An overview. Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications, v. 1, n. 2, p. 117-158, 2009.

BARROZO, J.C; ROSA, J. C. A expansão do cultivo da soja no brasil através dos dados oficiais. Pampa: Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales, n. 18, p. 79-98, 2018.

BLUNDELL, R.; BOND, S. Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. Journal of Econometrics, v. 87, n. 1, p. 115–143, 1998.

BOEHLJE, M.; FULTON, J. R.; GRAY, A. P.; NILSSON. Strategic Issues in the Changing Agricultural Industry, 2002. Available at: <https://agribusiness.purdue.edu/wp- content/uploads/2019/08/r-12-2003-boehlje-fulton-gray-nilsson.pdf>. Accessed on: April 20, 2021.

BOEREMA, A.; PEETERS, A.; SWOLFS, S.; VANDEVENNE, F.; JACOBS, S.; STAES, J.;

MEIRE, P. Soybean trade: balancing environmental and socio-economic impacts of an intercontinental market. PloS one, v. 11, n. 5, 2016.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo: origem, história e distribuição. In: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). A soja no Brasil. Campinas: ITAL, p. 1-6, 1981.

CAMPOS NETO, C. A. S. Reflexões sobre investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil. Radar IPEA, v. 47, p. 7–21, 2016.

CEPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicador da Soja ESALQ/BM&FBOVESPA - Paranaguá. 2019. Available at: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/soja.aspx\>. Accessed on: April 20, 2021.

CNA - Confederação Nacional da Agricultura. Balanço 2017 PIB do Agronegócio, 2018. Available at:< https://www.cnabrasil.org.br/assets/arquivos/pib_agronegocio_balanco_2017.pdf> Accessed on April 21, 2021.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. Boletim da Safra de Grãos. Available at: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=20>. Accessed on: April 20, 2021.

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento. Custos de produção. 2019. Available at: https://www.conab.gov.br/info-agro/custos-de-producao/planilhas-de-custo-de-producao. Accessed on: ???

COSTA, F. G. Avaliação do potencial de expansão da soja: uma aplicação do modelo de Von Thunen. Universidade de São Paulo. 2000.

DIAS, M. B. Os desafios da produção animal em pastagens na fronteira agrícola brasileira. Revista Brasileira de Zootecnia,, v. 40. p.243-252, 2011.

DOMINGUES, M. S; BERMANN, Célio. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. Ambiente & sociedade, v. 15, n. 2, p. 1-22, 2012.

GARCIA, J. R; BUAINAIN, A. M. Dinâmica de ocupação do Cerrado Nordestino pela Agricultura: 1990 e 2012. Revista de economia e sociologia rural, v. 54, n. 2, p. 319-338, 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estimativas de População. Available at: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html > Accessed on: January 2, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Agrícola Municipal. Available at: < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> Accessed on: January 2, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Pecuária Municipal. Available at: < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/tabelas> Accessed on: January 2, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema de Contas Nacionais. Available at < https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas> Accessed on: January 2, 2021.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. PRODES (Desmatamento). Available at<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes /legal_amazon / rates >. Accessed on: April 21, 2020

JOÃO, A.M.; COSTA, E.L.; BARTHOLOMEU, D.B.; SANTOS, R.M.; Estudo sobre a Influência do frete no comportamento da margem do produtor rural. In: 58º Congresso da Sober. Brasil. Foz do Iguaçu, 2020.

KAVUSSANOS, M. G.; VISVIKIS, I. D. Theory and practice of shipping freight derivatives. Risk Books, 2011.

MENDES, S. M; TEIXEIRA, E. C; SALVATO, M. A. Investimentos em infra-estrutura e produtividade total dos fatores na agricultura brasileira: 1985-2004. Revista Brasileira de Economia, v. 63, n. 2, p. 91-102, 2009.

NOOJIPADY, P.; MORTON, C. D.; MACEDO, N. M.; VICTORIA, C. D.; HUANG, C. ;??????

GIBBS, K. H.; BOLFE, L. E. Forest carbon emissions from cropland expansion in the Brazilian Cerrado biome. Environmental Research Letters, v. 12, n. 2, p. 025004, 2017.

OLIVEIRA, G. L. T. The geopolitics of Brazilian soybeans. The Journal of Peasant Studies, v. 43, n. 2, p. 348–372, 2016.

OLIVEIRA, G. L. T.; SCHNEIDER, M. The politics of flexing soybeans: China, Brazil and global agroindustrial restructuring. The Journal of Peasant Studies, v. 43, n. 1, p. 167–194, 2016.

OLSSON, J. Improved road accessibility and indirect development effects: evidence from rural Philippines. Journal of Transport Geography, v. 17, n. 6, p. 476-483, 1 nov. 2009.

ONTL - Observatório Nacional de Transporte e Logística. Recursos e Infraestrutura – Rodoviário. Available at: https://ontl.epl.gov.br/paineis-analiticos/painel-de-indicadores-de-transporte-e-logistica/recursos-e-infraestrutura/rodoviario/ Accessed on: January 4, 2021.

PAIS, J. M.; TORRES, C. E. G. Logística de transportes e expansão da produção de soja no Centro oeste. Revista de Economia do Centro-Oeste, Goiânia, v. 4, n. 2, p. 21-38, 2018 PARÁ. Secretaria do Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia. Relatório de Impacto Ambiental da Ferrovia Paraense S.A, Belém, 2017. Available at:

<http://www.sema.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/rima/RIMA_Ferrovia ParaenseSA.pdf.> Accessed on April 20, 2021.

PESARAN, M. H. A simple panel unit root test in the presence of cross-section dependence. Journal of applied econometrics, v. 22, n. 2, p. 265-312, 2007.

ROCHA, F.V.; COSTA, E.L.; JOÃO, A.M.; CAIXETA-FILHO, J.V. O custo de transporte como determinante do desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros. In: XXIII Seminários em Administração. São Paulo, SP. 2020.

ROCHA,F.V. Investimento em infraestrutura no Brasil: políticas públicas, agronegócio e desenvolvimento econômico. 2016. Dissertation (MBA) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. doi:10.11606/D.12.2017.tde-17012017-150022. Accessed on: April 23, 2021.

ROODMAN, D. How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. Stata Journal, v. 9, n. 1, p. 86–136, 2009.

ROVOLIS, A.; SPENCE, N. Duality theory and constfunction analysis in a regional context: the impact of publicinfrastructure capital in the Greek regions. The Annals of Regional Science, v. 36, n. 1, p. 55-78, February 1, 2002.

VETTORAZZI, A. C.; JOAO, A. M.; ROCHA, F. V.; CAIXETA-FILHO, J. V. Emissão de CO_2 na logística de exportação de soja do mato grosso: o caso das exportações pelo arco norte. Empreendedorismo, Gestão e Negócios Revista do Curso de Administração, v. 6, p. 225-245, 2017.

VIEIRA FILHO, J.E.R.O. A fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. O.; GASQUES, J. G. O.; CARVALHO, A. X. Y. D.; SOTERRONI, A. C.; MOSNIER, A., GURGEL, A. C.;

NAVARRO, Z. Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade. Brasília: IPEA, 2016. WANG, L.; XUE, X.; ZHAO, Z.; WANG, Z. The impacts of transportation infrastructure on sustainable development: emerging trends and challenges. International journal of environmental research and public health, v. 15, n. 6, p. 1172, 2018.

WINDMEIJER, F. A finite sample correction for the variance of linear efficient two-step GMM estimators. Journal of econometrics, v. 126, n. 1, p. 25-51, 2005.

WOOLDRIDGE, J. M. Econometric analysis of cross section and panel data. MIT press, 2010. ZHU, Z.; LIU, Y.; TIAN, X.; WANG; Y.; ZHANG, Y.. CO_2 emissions from the industrialization and urbanization processes in the manufacturing center Tianjin in China. Journal of Cleaner Production, v. 168, p. 867-875, 2017.

FGV TRANSPORTES

https://transportes.fgv.br