



CABOTAGEM: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO TRANSPORTE DE CARGA BRASILEIRO

Paulo Marcelo Raposo Machado Costa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Márcio de Almeida D'Agosto
Jean-David Job Emmanuel Marie
Caprace

Rio de Janeiro
Novembro de 2024

CABOTAGEM: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO TRANSPORTE DE
CARGA BRASILEIRO

Paulo Marcelo Raposo Machado Costa

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Orientadores: Márcio de Almeida D'Agosto

Jean-David Job Emmanuel Marie Caprace

Aprovada por: Prof. Marcio de Almeida D'Agosto

Prof. Lino Guimarães Marujo

Prof. Luiz Antonio Vaz Pinto

Prof. Luiz Felipe Assis

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

NOVEMBRO DE 2024

Costa, Paulo Marcelo Raposo Machado

Cabotagem: uma Alternativa Sustentável ao Transporte de Carga Brasileiro/ Paulo Marcelo Raposo Machado Costa. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2024.

X, 61 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Márcio de Almeida D'Agosto

Jean-David Job Emmanuel Marie Caprace

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transporte, 2024.

Referências Bibliográficas: p. 57 - 61.

1. Sustentabilidade no transporte de carga. 2. Cabotagem. 3. Transporte rodoviário. I. D'Agosto, Márcio de Almeida *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transporte. III. Título.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar. Aos professores do programa de engenharia de transporte pelos ensinamentos, em especial, aos professores Márcio de Almeida D'agosto e Jean-David Job Emmanuel Marie Caprace, por incentivarem o meu desenvolvimento profissional e acadêmico, a minha esposa, filhas, pais e irmãos por estarem sempre ao meu lado.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

CABOTAGEM: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO TRANSPORTE DE CARGA BRASILEIRO

Paulo Marcelo Raposo Machado Costa

Novembro/2024

Orientadores: Márcio de Almeida D'Agosto

Jean-David Job Emmanuel Marie Caprace

Programa: Engenharia de Transporte

A navegação marítima de cabotagem é definida pela movimentação de carga e passageiro entre portos do território nacional, através de via marítima ou esta e vias navegáveis. Apesar do país possuir extenso litoral e longas hidrovias, o modo rodoviário é responsável por cerca de 64,9% das cargas transportadas no país enquanto o modo aquático ou aquaviário responde por 15,7%. Assim, este estudo objetivou determinar e comparar o desempenho logístico no transporte de carga entre a navegação cabotagem e o transporte rodoviário, sob à óptica dos indicadores custo de transporte, tempo de trânsito e eficiência ambiental. O estudo concluiu que uma maior participação da cabotagem na matriz de transporte de carga do país pode reduzir o custo logístico e aumentar a competitividade da indústria brasileira, além de reduzir o impacto ambiental provocado pela atividade de transporte.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

SHORT COAST SHIPPING: A SUSTAINABLE ALTERNATIVE TO BRAZILIAN CARGO TRANSPORTATION

Paulo Marcelo Raposo Machado Costa

November/2024

Advisors: Márcio de Almeida D'Agosto

Jean-David Job Emmanuel Marie Caprace

Department: Transport Engineering

Brazilian cabotage navigation is defined by the moving of cargo and passengers between ports along the national territory, via sea and/ or waterways. Although the country has an extensive coastline and long waterways, the road mode is responsible for around 64.9% of cargo transported in the country while the water mode accounts for 15.7%. Thus, this study aims to determine and compare the logistical performance between short coast shipping and road transport, from the perspective of the cost transport, transit time and environmental efficiency indicators. The study concluded that a greater participation of cabotage in the country's cargo transport matrix can reduce national logistics costs and increase the competitiveness of Brazilian industry, in addition to reducing the environmental impact caused by transport activities.

Sumário

| | | |
|------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1. | Descrição do problema de pesquisa..... | 1 |
| 1.2. | Justificativa..... | 1 |
| 1.3. | Objetivos Geral e Específico | 2 |
| 1.4. | Abrangência da pesquisa | 2 |
| 1.5. | Estrutura da dissertação | 3 |
| 2. | REFERENCIAL TEÓRICO..... | 4 |
| 2.1. | Histórico | 4 |
| 2.2. | Cabotagem Brasileira (cargas, rotas, portos e EBN´S) | 8 |
| 2.3. | Navegação Marítima e Cabotagem no Mundo | 16 |
| 2.4. | Custo de transporte | 19 |
| 2.5. | Eficiência Energética e Ambiental | 23 |
| 2.6. | Segurança de carga (acidentes, roubos e avarias)..... | 26 |
| 3. | PROPOSTA DE PROCEDIMENTO METODOLÓGICO..... | 29 |
| 3.1. | Fundamentação teórica..... | 29 |
| 3.2. | Desenvolvimento e aplicação | 29 |
| 3.3. | Avaliação do modelo | 30 |
| 4. | DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MÉTODO | 31 |
| 4.1. | Custo de transporte | 31 |
| 4.2. | Tempo de trânsito | 36 |
| 4.3. | Eficiência ambiental (Emissão e Neutralização de CO ₂ e)..... | 38 |
| 5. | AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS | 41 |
| 5.1. | Custo de transporte | 41 |
| 5.2. | Tempo de trânsito | 42 |
| 5.3. | Custo de transporte X Tempo de trânsito | 43 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.4. | Eficiência ambiental | 44 |
| 5.5. | Análise de sensibilidade | 45 |
| 5.5.1. | Custo de transporte | 45 |
| 5.5.2. | Emissão e neutralização de CO ₂ e | 48 |
| 6. | CONCLUSÕES | 51 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 57 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Diagrama de Planejamento Integrado de Transporte..... | 7 |
| Figura 2: Ciclo Virtuoso da Cabotagem..... | 8 |
| Figura 3: Perfil das cargas transportadas pela Cabotagem..... | 9 |
| Figura 4: Principais tipos de carga transportadas pela Cabotagem em toneladas..... | 9 |
| Figura 5: Principais portos em movimentação de carga..... | 10 |
| Figura 6: Principais portos em movimentação contêiner..... | 11 |
| Figura 7: Principais portos em movimentação de bauxita..... | 12 |
| Figura 8: Principais portos em movimentação de minério de ferro..... | 13 |
| Figura 9: Principais portos em movimentação de ferro e aço..... | 13 |
| Figura 10: Principais portos em movimentação de sal..... | 14 |
| Figura 11: Principais portos em movimentação de celulose..... | 14 |
| Figura 12: Principais companhia de navegação brasileira por TPB por perfil de carga . | 15 |
| Figura 13: Tamanho da frota própria por tipo de embarcação e companhia de navegação..... | 16 |
| Figura 14: Tamanho da frota afretada por tipo de embarcação e companhia de navegação..... | 16 |
| Figura 15: Matriz de Transportes (% do TKU)..... | 20 |
| Figura 16: consumo energético por setor – ano 2022..... | 23 |
| Figura 17: emissão de CO ₂ e por setor (%) – ano 2022..... | 24 |
| Figura 18: fonte de energia setor de transporte – ano 2022..... | 24 |
| Figura 19: fonte de energia setor industrial – ano 2022..... | 25 |
| Figura 20: consumo de energia por modo de transporte (%) – ano 2022..... | 25 |
| Figura 21: Emissão de Gases – Setor de transporte % - ano 2022..... | 26 |
| Figura 22: Dados Estatísticos acidentes - rodovias federais - ano 2022..... | 27 |
| Figura 23: Dados estatísticos acidentes – Aquaviário..... | 27 |
| Figura 24: Roteiro metodológico..... | 29 |
| Figura 25: serviço Manaus (SMN)..... | 37 |
| Figura 26: custo de transporte - R\$/TKU..... | 42 |
| Figura 27: Tempo de trânsito em horas..... | 43 |
| Figura 28: Custo de transporte (R\$/TKU) x tempo de trânsito..... | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1:frete modo rodoviário por perfil de carga - R\$/tonelada e R\$/TKU (2024)..... | 32 |
| Tabela 2: frete cabotagem por perfil de carga - R\$/tonelada e R\$/TKU (2024)..... | 33 |
| Tabela 3: Custo de transporte cabotagem + transbordo (rodo-hidro-rodo) + transporte rodoviário (0 Km, 100 Km, 200 km, 300 km) - R\$/tonelada e R\$/TKU..... | 35 |
| Tabela 4:Tempo de trânsito transporte rodoviário x cabotagem..... | 37 |
| Tabela 5:tCO2e x neutralização de emissão (rotas analisadas)..... | 40 |
| Tabela 6:Redução do custo de transporte rodoviário x cabotagem..... | 47 |
| Tabela 7: Emissões e neutralizações de CO2e no transporte rodoviário x cabotagem | 50 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. Descrição do problema de pesquisa

No Brasil, os custos logísticos (transporte, manutenção de estoques e processamento de pedidos) representam 12% do Produto Interno Bruto (PIB) e cerca de 9% dos custos totais das empresas (D'Agosto e Oliveira, 2018).

Em 2023, somente o custo de transporte de carga representou em média 60% dos custos logísticos das grandes empresas brasileiras, o equivalente a 6,8% do PIB nacional daquele ano (ILOS, 2023).

De acordo com relatório da Confederação Nacional de Transportes (2022), o modo rodoviário foi responsável por cerca de 65% de todas as cargas transportadas no país enquanto a navegação de cabotagem apenas 8%.

Entende-se que a predominância do transporte rodoviário na matriz de transporte brasileira, faz com que o país apresente um dos maiores custos logísticos do mundo, impactando, portanto, diretamente nos custos dos produtos e serviços vendidos no país e consequentemente na competitividade e desenvolvimento da nação.

Outrossim, o transporte rodoviário foi responsável por 92,43% das emissões de gases de efeito estufa (“GEE”) do setor de transporte no país (EPE/MME, 2023).

Hipótese: A navegação de cabotagem pode ser uma alternativa sustentável ao transporte de carga brasileiro em detrimento ao transporte rodoviário, sob à ótica dos indicadores de desempenho logístico custo de transporte, tempo de trânsito e eficiência ambiental?

1.2. Justificativa

Apesar do país apresentar imenso litoral e ter boa parte da população e produção localizada perto da costa brasileira, a navegação de cabotagem é pouco utilizada no transporte de carga.

Estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Logística (2015) indicam que o custo médio de se transportar o mesmo volume de carga pela mesma distância através da cabotagem pode ser até cinco vezes menor do que se for transportado pelo modo rodoviário.

Dito isto, acredita-se que o incremento da utilização da cabotagem na matriz de transporte brasileira em detrimento ao modo rodoviário pode reduzir os custos de transporte do país, e aumentar a produtividade e a competitividade das empresas brasileiras em um cenário

de mercado globalizado, gerando emprego e renda para população.

Do ponto de vista da eficiência ambiental, o fator de emissão de gás carbônico equivalente por tonelada de carga quilômetro útil transportada (“CO₂e/TKU”) do transporte rodoviário é, em média, 5 vezes maior do que o fator de emissão da cabotagem (INFRA S.A).

O gás carbônico (“CO₂”) é um dos principais gases causadores do efeito estufa. Nesse sentido, acredita-se que a utilização da cabotagem no transporte de carga em detrimento ao transporte rodoviário pode contribuir para reduzir os impactos ambientais relacionados às mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global.

1.3. Objetivos Geral e Específico

O objetivo geral é determinar e comparar o custo de transporte, tempo de trânsito e a quantidade de emissão de gases do efeito estufa (“GEE”) no transporte de uma mesma carga realizado pelo modo rodoviário e pela navegação de cabotagem em uma determinada matriz origem/destino.

Quanto aos objetivos específicos, considera-se:

- 1) Selecionar rotas e determinar distâncias percorridas pelos modos de transporte (matriz origem/destino);
- 2) Definir e quantificar as variáveis do custo de transporte, do tempo de trânsito e da emissão de GEE na atividade de transporte carga para cada modo de transporte;
- 3) Modelar a função custo de transporte, tempo de trânsito e emissão de GEE na atividade de transporte de carga para os dois modos de transporte analisados;
- 4) Realizar análise de sensibilidade em função do incremento da quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário; e
- 5) Analisar o *trade-off* entre custo de transporte e tempo de trânsito.

1.4. Abrangência da pesquisa

O estudo delimitou-se ao transporte de mesmo volume e peso de um mix de carga (carga geral, carga geral containerizada, granel líquido, granel sólido agrícola e granel sólido não agrícola) através de dois modos de transporte distintos: rodoviário e aquático.

O transporte é realizado por caminhões (modo rodoviário) e por embarcações de

cabotagem (modo aquático).

A rota marítima analisada é operada por empresas brasileiras de navegação de cabotagem com origem em Santos-SP e destino em Manaus-AM.

A origem e destino da carga estão localizados no território nacional a uma distância de até 300 km da costa brasileira.

Dentre as atividades primárias da logística (estoque, transporte e gerenciamento de pedidos) que compõe o custo logístico, apenas o custo da atividade de transporte foi considerado no presente estudo para comparar os dois modos de transporte.

A base temporal de custo de frete é o ano corrente, de forma a refletir o custo atualizado da operação de transporte de carga através dos dois modos de transporte.

1.5. Estrutura da dissertação

A estrutura do estudo proposto é composta por cinco capítulos. O capítulo 1 apresenta o problema de pesquisa; a justificativa; o objetivo geral e os objetivos específicos; assim como sua abrangência. Já o capítulo 2 traz o referencial teórico relacionado ao problema de pesquisa, contendo um panorama geral da cabotagem no Brasil e no mundo, além de informações relevantes do custo de transporte, eficiência energética e ambiental, e segurança de carga para cada modo de transporte analisado. O Capítulo 3 apresenta a proposta de procedimento metodológico para responder o problema de pesquisa. Em seguida, o capítulo 4 detalha a metodologia utilizada para determinar os indicadores de desempenho logístico (custo de transporte, tempo de trânsito e quantidade de emissão de gases do efeito estufa) na atividade de transporte de carga realizada pelo modo rodoviário e pela cabotagem. O capítulo 5 analisa os resultados encontrados e realiza uma análise de sensibilidade em função do aumento da quantidade transportada pela navegação de cabotagem em substituição ao transporte rodoviário. Por fim, o capítulo 6 descreve a conclusão e considerações finais da pesquisa, assim como suas limitações e recomendações para futuros estudos.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo traz um panorama geral da cabotagem no Brasil e no mundo e apresenta dados estatísticos relacionados ao custo de transporte, eficiência energética e ambiental, e segurança de carga para o transporte rodoviário e o transporte de cabotagem.

2.1. Histórico

O território brasileiro apresenta dimensão continental e possui uma extensa costa de aproximadamente 7,4 mil quilômetros, além de 1,6 mil quilômetros de hidrovia pelo Rio Amazonas até Manaus, onde boa parte das atividades econômicas (polos industriais e centros consumidores) se desenvolve em até 200 km do litoral (SILVEIRA JR, 2018; CARVALHO, 2023)

Neste contexto, a navegação de cabotagem, que é realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores, se torna uma boa alternativa de transporte para o escoamento da produção nacional e deslocamento de passageiros (BRASIL, 1997).

No início do século passado, a ausência de vias terrestres entre as cidades brasileiras, fizeram com que as vias aquaviárias fossem fundamentais para o transporte de cargas em longas distâncias. As características geográficas do país e a ocupação territorial em regiões litorâneas na época colonial tornaram a cabotagem uma das primeiras atividades comerciais do país, muito embora as embarcações e a infraestrutura portuária fossem rudimentares (TEIXEIRA et al, 2018).

Entretanto, a partir de 1926, o governo Washington Luiz priorizou os investimentos em rodovias e ferrovias, construindo estradas pelo país, na intenção de dar mais capilaridade ao transporte de carga, desenvolver regiões e gerar emprego e renda através da construção civil (SILVA, 2020).

A década de 1950 foi marcada pelo predomínio das companhias de navegação estatais e por tentativas de políticas que não foram eficazes em incentivar a marinha mercante brasileira. A respeito, criou-se o Fundo da Marinha Mercante (“FMM”), que tinha como fonte de recurso a Taxa de Renovação da Marinha Mercante (“TRMM”) que incidia sobre o frete cobrado pelas companhias estrangeiras e armadores nacionais que operavam com navios estrangeiros afretados, como forma de financiar a indústria naval nacional (GOULARTI FILHO, 2010; CMAP, 2022).

Já na segunda metade do século XX, a indústria naval brasileira foi fomentada por inúmeras políticas governamentais e linhas de financiamento, consolidando um parque moderno de estaleiros no país, as frotas nacionais de longo curso e de cabotagem foram ampliadas e modernizadas, ao ponto de suprir a demanda interna (VIDAL,2009).

No início da década de 1960, a maioria das peças e componentes utilizadas na fabricação das embarcações eram produzidas no país, chegando a 81% de índice de nacionalização (ONTL,2021).

Pelos anos de 1970, o TRMM passa a se chamar Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (“AFRMM”). Tais recursos começam a ser administrados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (“BNDES”), com autorização, conforme prioridade, do Conselho Diretor do Fundo da Marinha Mercante (“CDFMM”) (COSTA et al, 2021).

A partir de 1990, a abertura da economia Brasileira ao mercado internacional e a ampla política de privatizações desarticula as empresas nacionais. Estaleiros e armadores brasileiros entram em falência e ao final desta década grupos estrangeiros começaram a investir em estaleiros nacionais (JESUS, 2013).

Dito isto, a partir de 1993, na tentativa de aumentar a produtividade e competitividade do setor portuário, é sancionada a Lei nº 8.630/93, que dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias (BRASIL,1993).

Em seguida vieram outras políticas públicas de estímulo ao setor aquaviário. Em observância ao art. 178º da Constituição Federal de 1988, foi sancionada a Lei nº 9.432/97 que disciplina o ordenamento do transporte aquaviário, definindo o que é navegação de cabotagem. (BRASIL,1997).

A partir de 2000, alguns programas foram criados na tentativa de fomentar a ampliação e a instalação de novos estaleiros no Brasil. É o caso do Programa de Renovação da Frota de Embarcações de Apoio Marítimo (“Prorefam”) da Petrobras e do Programa de Modernização e Expansão da Frota (“Promef”) da Transpetro (VIDAL, 2009; JESUS e SILVA, 2017).

Em 2013, a Lei 12.815/13 define o novo modelo portuário e permite a construção de portos privados, visando aumentar a eficiência portuária, a exemplo das operações de transbordo e consolidação de carga, atividades relevantes para o desenvolvimento da cabotagem (BRASIL, 2013).

Assim, após um período de prosperidade, que culminou com a geração de 82.500 empregos diretos no setor em 2014, a indústria naval passou novamente por dificuldades após a crise econômica de 2016, com a falência de estaleiros brasileiros e a dificuldade de entrega de novas embarcações contratadas por empresas de navegação brasileira (OLIVEIRA, 2022).

Em 2019, o Plano Nacional de Logística brasileira (“PNL 2035”) realizou uma série de simulações em diferentes cenários específicos até 2035, considerando “projetos em andamento”, projeções macroeconômicas, aspectos regulatórios e os avanços tecnológicos existentes no setor (EPL, 2019).

Por definição, o PNL 2035 (2019) considerou “projetos em andamento” todos os empreendimentos ou intervenções em fase de implantação, aqueles inseridos no Plano Plurianual 2019-2023, os já qualificados no Programa de Parcerias de Investimentos, e os que dizem respeito aos contratos de parcerias vigentes.

O PNL 2035 (2019) é resultado da combinação de Planos Setoriais, que são gerados a partir dos Plano Geral de Parcerias e Plano Geral de Ações Públicas, em um conceito de Planejamento Integrado de Transportes - PIT, instituído pela Portaria nº 123, de 21.08.20, do Ministério da Infraestrutura. O PNL sugere a realização de investimentos em infraestrutura de transportes, políticas públicas, programas, ações normativas ou regulatórias que, então, estabelecerão o Plano Plurianual e o Programa de Parcerias de Investimentos (figura 1).



Figura 1: Diagrama de Planejamento Integrado de Transporte.

Elaboração: PNL, 2021

De acordo com o Plano Nacional Logístico 2035 (2019), os segmentos de transporte de carga geral e contêineres são os que possuem maior potencial de crescimento para a cabotagem, pois os graneis líquidos e sólidos são mercados já estabilizados, embora também venham apresentando crescimento.

Um estudo realizado pelo ILOS em 2018 estimou que para cada contêiner transportada pela cabotagem, existem 9,7 contêineres transportados pelo modo rodoviário com perfil de carga favorável à cabotagem. O mesmo estudo acrescentou que a capitação de metade desta carga (4,8 contêineres), traria um crescimento de 35,5% da navegação de cabotagem, além de aliviar as estradas e rodovias, diminuindo, portanto, o número de acidentes automobilísticos.

Outrossim, dados obtidos do PNL 2035 (2019) destacam que o transporte de carga geral containerizada através da cabotagem apresentou uma taxa média de crescimento de 10% ao ano de 2010 a 2019. Já no período de janeiro a outubro de 2020, quando comparado ao mesmo período do ano anterior, a cabotagem cresceu mais de 14% (EPL, 2020).

Outro estudo divulgado no Seminário da Associação Brasileira de Armadores (2023) constatou que 38% das empresas que usam transporte de carga rodoviário disseram ter intenção de trocar o modo de transporte, e 20% dos entrevistados quer aumentar a utilização de navegação de cabotagem.

Entretanto, alguns entraves dificultam o desenvolvimento do transporte de carga através da cabotagem (figura 2), a exemplo das dificuldades relacionadas ao valor do bunker (combustível), à precarização da infraestrutura portuária, à baixa oferta de embarcações com rota dedicada, à falta de medidas de desburocratização, aos altos custos de praticagem e tripulação, além das poucas alternativas de financiamento (ABAC 2018).

CICLO VIRTUOSO DA CABOTAGEM



Figura 2: Ciclo Virtuoso da Cabotagem.

Fonte: ABAC, 2018

Nesse sentido, o impacto regulatório do programa de estímulo à cabotagem (“BR do Mar”) na matriz modal brasileira, à época, projeto de lei, foi considerado em diferentes cenários de configuração do sistema de transporte brasileiro no âmbito da metodologia do Plano Nacional Logístico 2035 (EPL, 2019).

A respeito, a Lei 14.301/22 (“Br do Mar”), promulgada em 07.02.22, traz como principal inovação a permissão de empresas estrangeiras atuarem no transporte de cabotagem, com potenciais ganhos concorrenciais para o setor. A ideia é aumentar a participação da navegação de cabotagem na matriz de transporte brasileira relacionada ao transporte de carga, através do incremento da oferta e qualidade da frota marítima dedicada à cabotagem no país, da expansão de rotas, do estímulo à concorrência, da redução do custo de transporte, além de trazer equilíbrio para matriz de transportes brasileira e vantagens socioambientais importantes, como a geração de empregos, fortalecimento da indústria naval nacional, redução de emissões de poluentes, do número de acidentes e congestionamentos nas rodovias, entre outros (EPL, 2019).

2.2. Cabotagem Brasileira (cargas, rotas, portos e EBN’S)

Entre 2011 e 2021, os graneis líquidos e gasosos representaram cerca de 77% da tonelagem total de cabotagem no país, ao passo que os graneis sólidos totalizaram cerca de 12% da tonelagem, a carga containerizada, 7%, e a carga geral, 3%. Nesse período, a tonelagem de graneis líquidos e gasosos cresceu 53%; a tonelagem de graneis sólidos,

7%; e a tonelage de carga geral, 10%. A tonelage de carga containerizada foi a que mais aumentou, 230% (ICCT, 2024).

Em 2023, o Brasil transportou 213,18 milhões de toneladas de carga, entre cargas containerizada, geral, granel líquido e gasoso e granel sólido (figura 3), com o 97,2% do total concentrado em 7 tipos de carga de grande volume/peso e baixo valor agregado (figura 4):

- Granel líquido e gasoso: petróleo e derivados
- Granel sólido: Bauxita, minério de ferro, sal, trigo e cimento.
- Carga geral: Ferro e aço, pasta de celulose, bauxita, cimento e carga de projeto.
- Carga containerizada: Arroz, pedras de encataria, sal, poliacetatos e chapas plásticas.

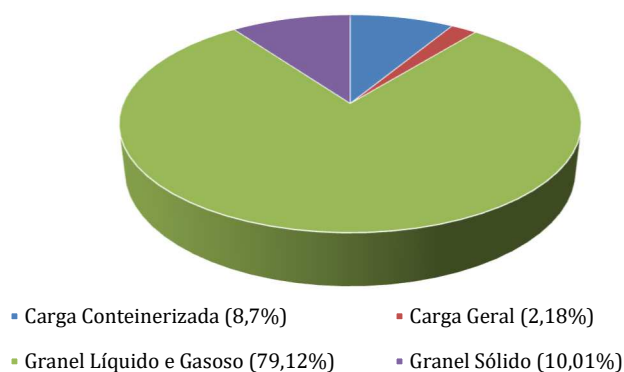


Figura 3: Perfil das cargas transportadas pela Cabotagem.

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ, 2024)

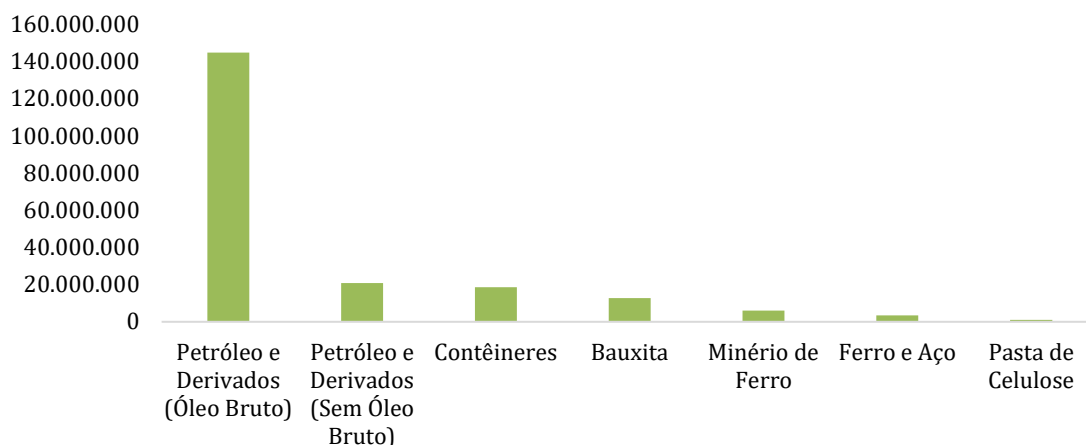


Figura 4: Principais tipos de carga transportadas pela Cabotagem em toneladas.

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

Com relação ao fluxo das cargas, em 2023, a matriz origem/destino da cabotagem

(“matriz O/D”) apresentou enorme fluxo de granel líquido e gasoso (petróleo e derivados), que representaram 79,12% de toda carga transportada pela cabotagem.

Este tipo de carga é oriundo da atividade de exploração de petróleo pela Petrobras S.A. (“Petrobras”), principalmente no litoral do Rio de Janeiro e São Paulo (zona econômica de exploração), que em seguida são transportados por cabotagem pela Transpetro S.A, subsidiária da Petrobras, até os portos brasileiros, em especial, aqueles localizados na região Sudeste.

No ano de 2023, os portos brasileiros movimentaram 290,1 milhões de toneladas, sendo os portos privados responsáveis por 78% de toda a carga movimentada enquanto os portos organizados por 22%.

Destaca-se a existência de concentração de carga (aproximadamente 59% da carga movimentada) em 5 terminais autorizados, que são exclusivos para petróleo e derivados, e 2 Portos Organizados não exclusivos (figura 5).

Outros 51 Portos/Terminais também apresentaram relevante movimentação de carga em 2023: Pecém (CE), São Francisco do Sul (SC), Alumar (MA), Vila do Conde (PA), Itaqui (MA), Paranaguá (RS), Ponta da Madeira (MA), Espírito Santo (ES), Rio de Janeiro (RJ), DP World Santos (SP) e Tubarão (ES), que responderam com 29% de toda carga movimentada.

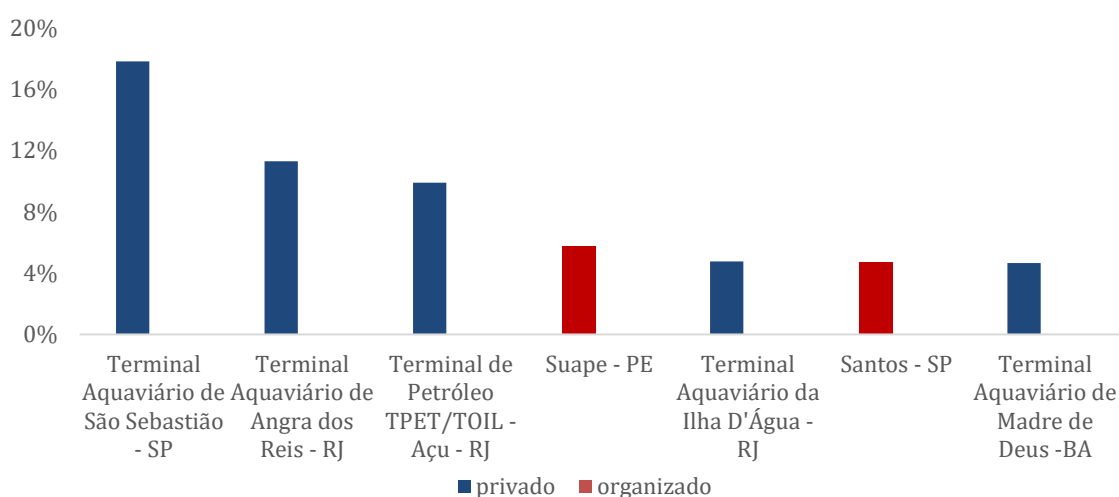


Figura 5: Principais portos em movimentação de carga.

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

Ainda em 2023, por tipo de carga, o transporte de contêiner alcançou 17,74 milhões de toneladas, o que correspondeu a 8,3% do total de carga transportada pela navegação de

cabotagem neste ano. O volume de carga movimentada foi de 36,86 milhões de toneladas através de 6 portos/terminais autorizados com 45% de toda carga movimentada e 12 portos organizados com 55% de toda carga movimentada (figura 6).

As principais cargas transportadas por contêiner em 2023, que representam 29,32% do total transportado foram: arroz (9,1%), pedras de encantaria (5,56%), sal (3,4%), polímeros de etileno (3,1%), outros químicos (2,82%), poliacetais (2,78%) e outras chapas de plástico (2,54%).

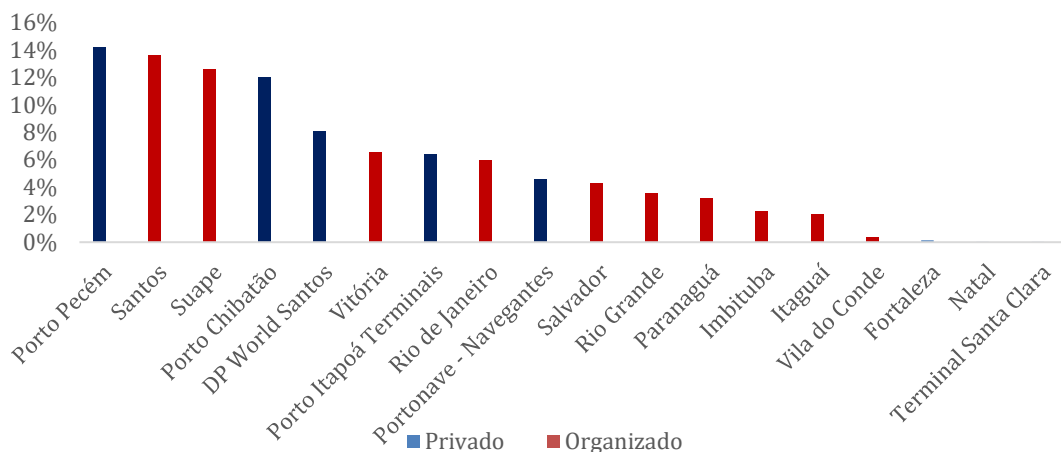


Figura 6: Principais portos em movimentação contêiner

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

A bauxita também apresentou relevância na cabotagem em 2023. Foram transportadas 12,69 milhões de toneladas, que representaram 5,69% do total de carga transportado pela cabotagem.

Em se tratando de matriz O/D, quase a totalidade da carga transportada de bauxita com origem no estado do Pará (99%) e no estado do Rio Grande do Sul (1%) foi destinada à Belém-Pará (30%) e São Luís-MA (70%).

A movimentação portuária foi de 24,85 milhões de toneladas de bauxita em 3 terminais autorizados (85%) e 1 porto organizado (15%) (figura 7).

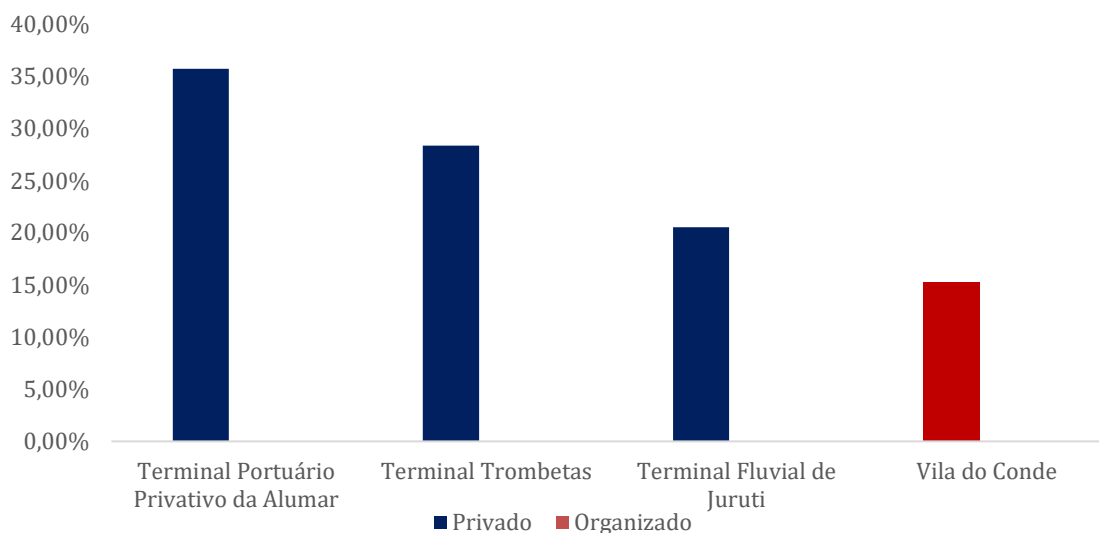


Figura 7: Principais portos em movimentação de bauxita

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

Em 2023, o transporte de minério de ferro também apresentou relevância na navegação marítima de cabotagem, foram 5,98 milhões de toneladas transportados, que representaram 2,8% do total de carga transportada pela cabotagem.

Já a matriz O/D, verifica-se que 64,5% da carga apresentou origem na região Nordeste e 35% no Sudeste com destino ao Nordeste (80%) e Sudeste (20%). Foram movimentados 12,05 milhões de toneladas de minério de ferro através de 7 terminais privados com 99% de toda carga movimentada e o restante através do Porto Organizado de Fortaleza no Ceará (figura 8).

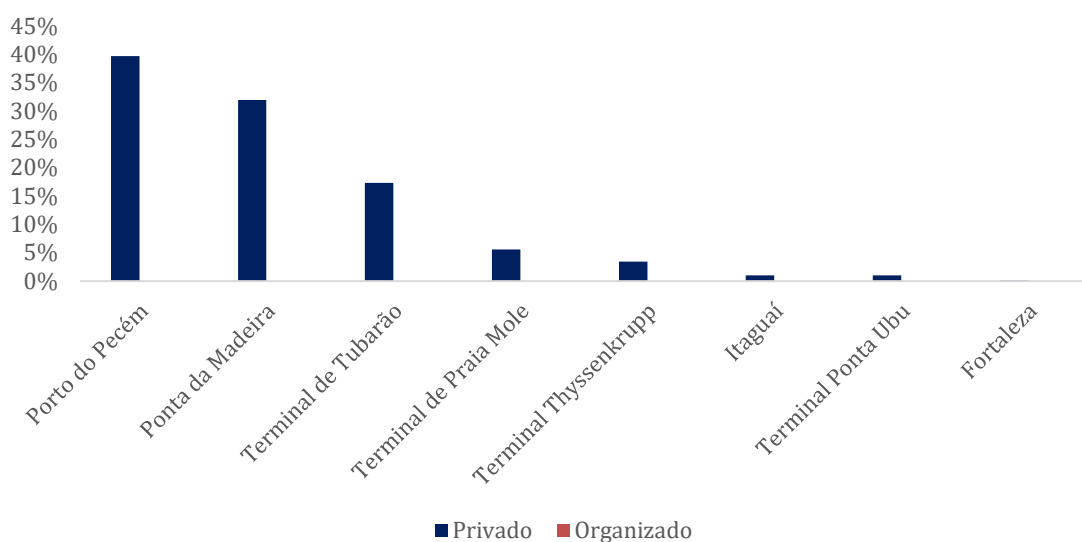


Figura 8: Principais portos em movimentação de minério de ferro

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

Outra carga de destaque na cabotagem foi o ferro e aço. Em 2023, foram transportados 3,36 milhões de toneladas deste tipo de carga (1,57% do total de carga transportada pela cabotagem). Com origem no porto de Pecém (17,2%) e na região Sudeste (35,5%), a carga foi destinada ao Nordeste (80%) e Sudeste (20%).

A carga de 6,75 milhões de toneladas foi movimentada por 4 terminais autorizados, que responderam com 65,1% de toda a movimentação e 1 porto organizado que respondeu com 29,2% (figura 9).

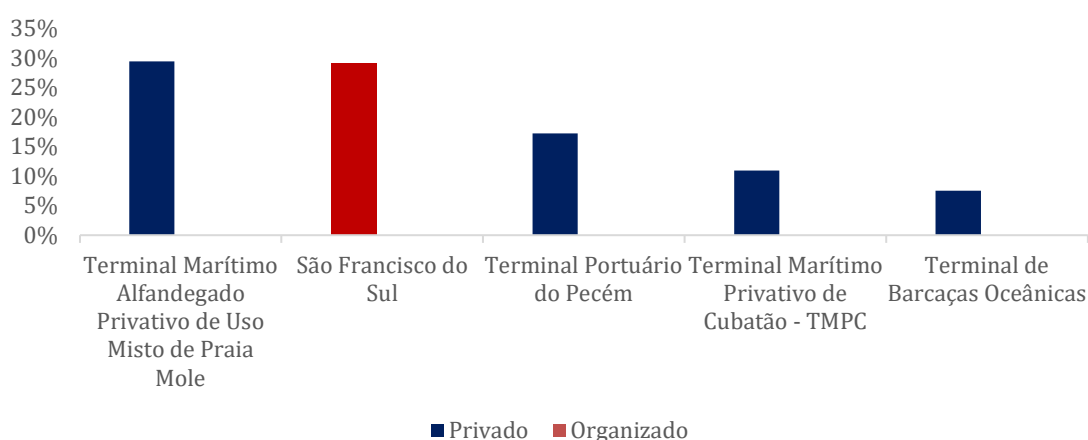


Figura 9: Principais portos em movimentação de ferro e aço

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

Outros tipos de carga também se destacaram em 2023, é o caso do sal e da pasta de celulose. Foram transportados 0,86 milhões de toneladas de sal e 1,04 milhões de toneladas de pasta de celulose, que correspondem a 0,4% e 0,48% de toda carga transportada pela cabotagem respectivamente.

No caso do sal (figura 10), a origem se deu através dos portos da região Nordeste (100%) e destino aos portos da região Sudeste (75,3%), Sul (14,8%) e Nordeste (9,9%) enquanto a pasta de celulose teve sua origem nos portos da região Nordeste (99,1%) e destino aos portos da região Sudeste (98%) e sul (2%). Nestes portos foram movimentadas 3,28 milhões de toneladas de sal (figura 10) e 1,04 milhões de toneladas de celulose em 2023 (figura 11).

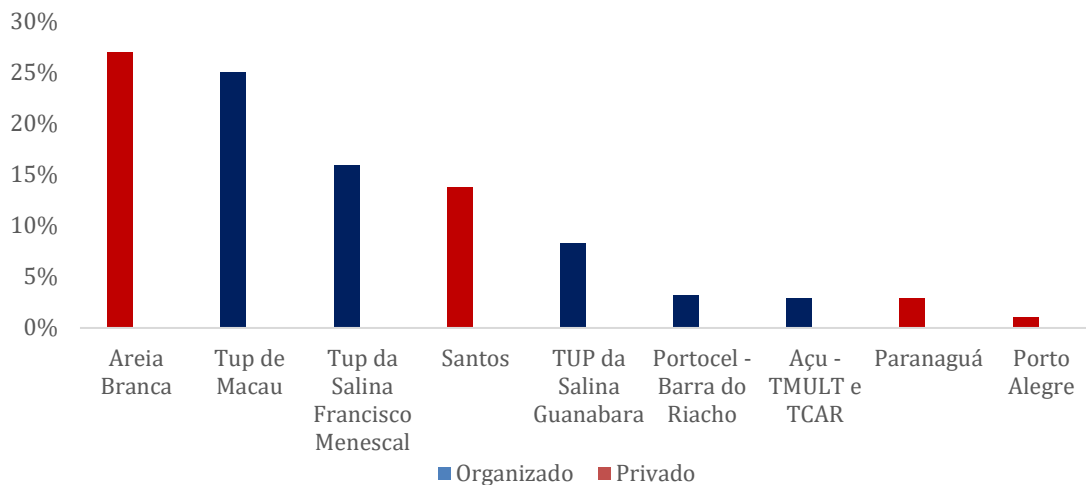


Figura 10: Principais portos em movimentação de sal

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

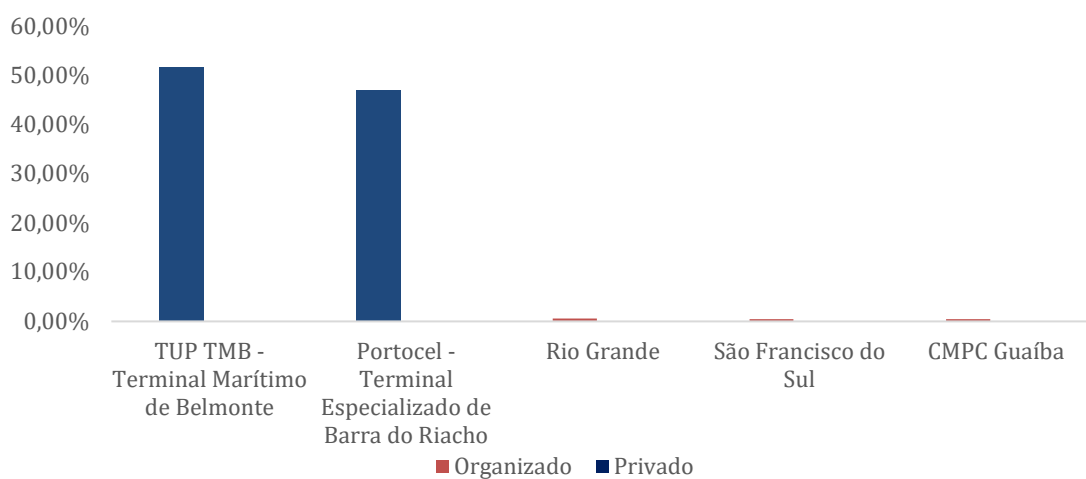


Figura 11: Principais portos em movimentação de celulose

Fonte: Elaboração própria (ANTAQ 2024)

As principais companhias de navegação em tonelagem de porte bruto por perfil de carga em 2021 estão representadas na figura 12.

Tonelada de porte bruto transportada pelas empresas que atuam em cada segmento da cabotagem no Brasil em 2021

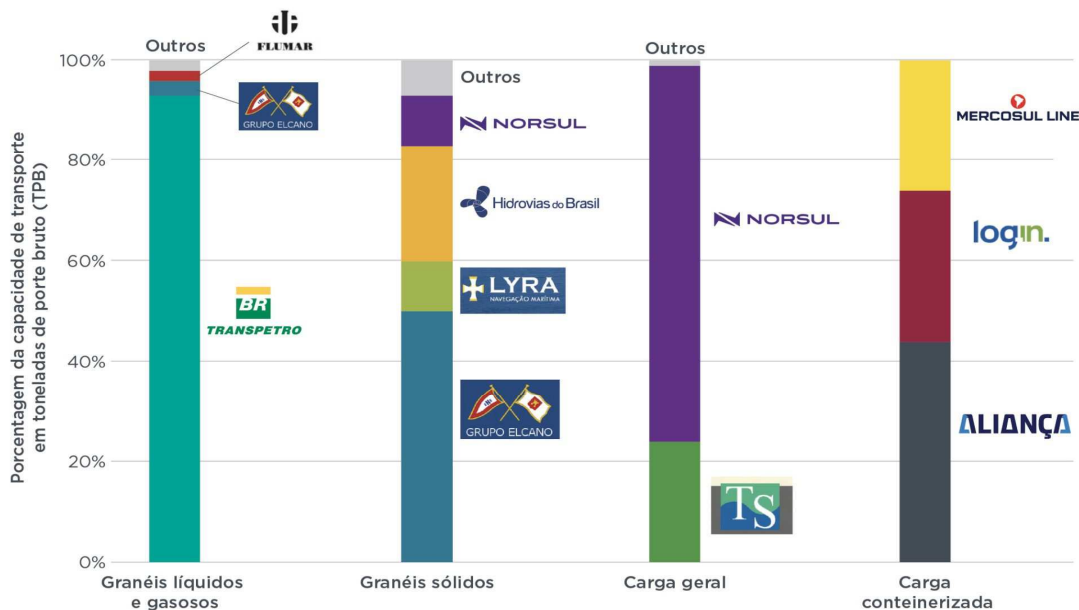


Figura 12: Principais companhias de navegação brasileira por TPB por perfil de carga

Fonte: ABAC 2021

Por tipo de mercadoria, destacam-se:

- Granéis líquidos e gasosos (GLG) - Transpetro S.A. (93%), Navegação Elcano S.A. (3%), Flumar Transportes de Químicos e Gases Ltda. (3%) e outras empresas (1%) no transporte de combustíveis minerais, óleos minerais e produtos de sua destilação (98,6%), produtos químicos orgânicos (0,6%), produtos químicos e substâncias inorgânicos (0,6%), e bebidas, licores e vinagre (0,2%).
- Granéis sólidos (GS) - Navegação Elcano S.A. (56%), Hidrovias do Brasil (23%), Lyra Navegação Marítima (10%), Norsul (10%) e outras empresas (1%) no transporte de minérios (91%), sal (6%), combustíveis minerais (1%) e outros (2%);
- Carga geral - Norsul e TS no transporte de produtos de aço (70%), celulose (22%), produtos florestais (3%), outros tipos de carga (5%); e
- Carga containerizada – Aliança (44%), Mercosul line (26%) e Log-in Logística Intermodal S.A. (30%) no transporte de plásticos (13%), celulose (11%), pedras (10%), máquinas e equipamentos elétricos (7%), ferro e aço (6%), produtos de alumínio (4%) e outros tipos de carga (49%).

Conforme dados obtidos da ABAC, o tamanho das frotas por companhia, propriedade e tipo de embarcação em 2024, exceto Transpetro S.A., estão representadas nas figuras 13

e 14.

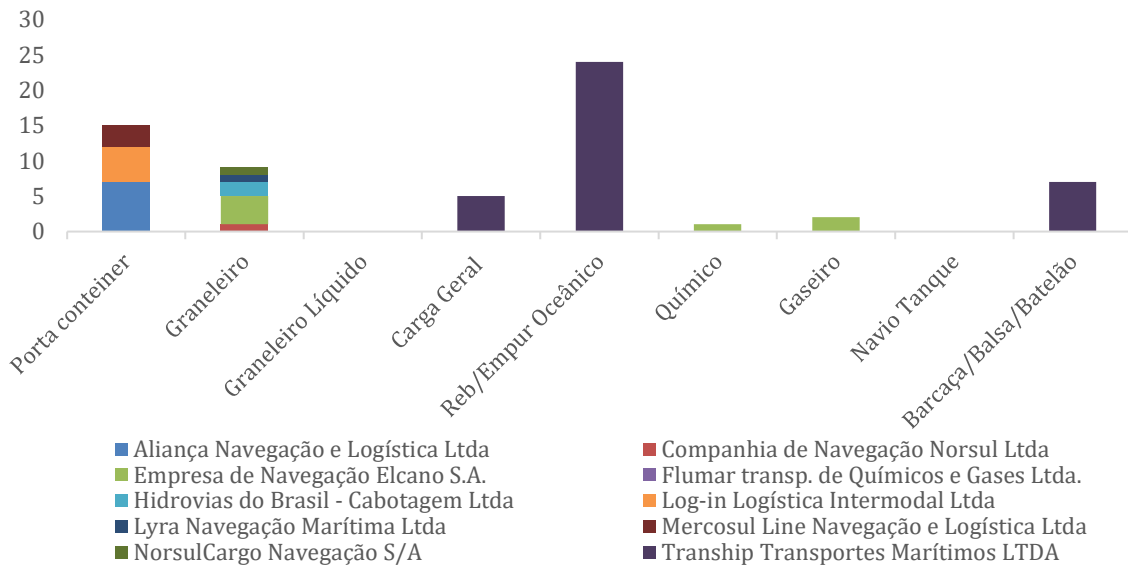


Figura 13: Tamanho da frota própria por tipo de embarcação e companhia de navegação

Fonte: Elaboração própria (ABAC, 2024)

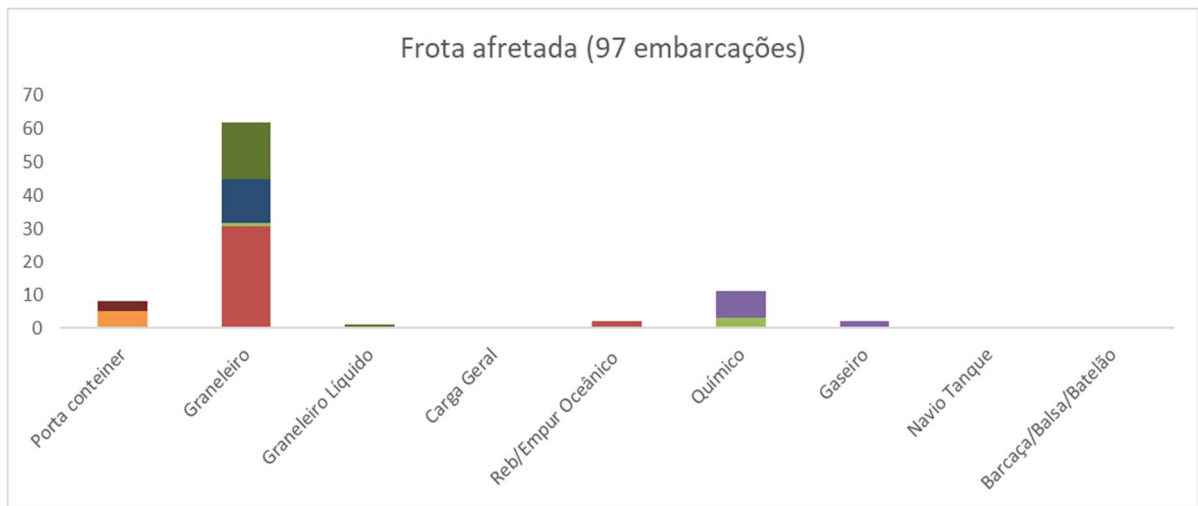


Figura 14: Tamanho da frota afretada por tipo de embarcação e companhia de navegação.

Fonte: Elaboração própria (ABAC, 2024)

2.3. Navegação Marítima e Cabotagem no Mundo

Em um breve histórico recente do transporte marítimo internacional e da cabotagem no mundo, inicialmente, destaca-se o reconhecimento jurisinternacional dos poderes dos

Estados Costeiros de explorar os recursos naturais marinhos existentes no alto mar e de utilizar exclusivamente de determinados espaços, a exemplo da plataforma continental e zona econômica exclusiva.

Como parte desse movimento, após negociações na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar de 1982 (Convenção de 1982 - CNUDM), foi estabelecido o Direito Internacional do Mar que entrou em vigência em 1994, como sub-ramo do Direito Internacional Público, juntando-se ao Direito Internacional dos Direitos Humanos e do Direito Internacional Econômico.

A CNUDM, dentre outros temas, elenca os poderes que o Estado Costeiro pode exercer em seu mar territorial, entre eles: o poder de soberania, idênticos aos existentes no território terrestre e nas águas interiores.

Nesse sentido, de acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), há uma correlação de 89% entre o crescimento econômico dos países membros da organização e o crescimento das exportações e importações viabilizado pelo transporte marítimo internacional, tornando, assim, a estabilidade dos valores do frete e a disponibilidade de frota marítimo fundamentais para o crescimento econômico global.

Dito isto, os países têm implementado diversas medidas de proteção que visam mitigar os efeitos das volatilidades de preço e de oferta do serviço do transporte marítimo, influenciadas pela concentração de empresas de navegação, por meio de reestruturação das alianças mundiais e consolidação de grupos operacionais.

O segmento de transporte marítimo de carga containerizada mundial, por exemplo, concentra 65% de sua capacidade em cinco empresas (Maersk, Mediterranean Shipping Company - MSC, CMA CGM, Grupo COSCO e Hapag-Lloyd). Esta concentração no setor pode gerar uma estrutura de mercado oligopolista, que ao longo prazo, pode limitar a oferta em algumas regiões e aumentar o preço do serviço de transporte para os embarcadores.

Um estudo *The Impact of Alliances in Container Shipping* (ITF-OCDE/2018) identificou que a atuação coordenada das empresas de transporte marítimo internacional, com efeitos diretos na oferta de serviço de transporte marítimo, pode resultar em restrição de capacidade, por meio de redução artificial da disponibilização de contêineres vazios ou até mesmo no desmantelamento de navios.

Conforme estudo publicado em 2018 pela Seafarers Rights International, denominado Cabotage Laws of the World. Assim, aproximadamente 80% dos países costeiros membros das Nações Unidas, liberais ou não têm desenvolvido políticas de estímulo e protecionismo da navegação de cabotagem.

As políticas de cabotagem variam de país para país conforme suas particularidades e circunstâncias bem como suas realidades políticas, econômicas e legais, mas geralmente o setor é reservado aos navios de bandeira nacional ou através de licença temporária à embarcações estrangeiros que cumpram determinados requisitos (*waiver*).

Uma análise dos regimes aplicados à cabotagem marítima mostra que este setor geralmente é reservado aos navios de bandeira nacional ou aos transportadores nacionais. Em certas situações, as embarcações estrangeiras podem fornecer serviços de cabotagem através de uma licença de cabotagem temporária (*waiver*), desde que a empresa cumpra vários requisitos.

Na Bélgica, Estônia, Grécia, Itália, Polônia, Suécia, Turquia, Estados Unidos, China, Colômbia, Indonésia, Lituânia, a navegação de cabotagem é realizada exclusivamente por navios de bandeira nacional, sem qualquer exceção, enquanto na Austrália, Canadá, Coreia, Chile, Finlândia, França, Alemanha, Grécia, Israel, Japão, Coreia, Letônia, México, Portugal, Eslovênia, Espanha, Suécia, Reino Unido, Brasil, Costa Rica, Índia, Rússia, África do Sul, os navios de bandeira estrangeiras são parcialmente excluídos da navegação de cabotagem.

Nesse ponto, destacam-se a política altamente restritiva dos EUA que trata a marinha mercante americana essencial para segurança nacional e para o desenvolvimento do comércio interno e externo do país, (Lei da Marinha Mercante), e a União Europeia que permite a cabotagem entre países membros do bloco econômico, nos termos do regulamento (ECC) n 3.577/92.

Já na China, desde 2013, os navios registrados no exterior podem agora transportar contêineres entre Xangai e outros portos chineses - embora os navios ainda devam ser de propriedade de companhia chinesa. Anteriormente, a posição formal era que isso só podia ser feito por embarcações de propriedade chinesa e desembarcadas, evitando assim o uso de, entre outros, navios de bandeira estrangeira da Companhia de Transporte Marítimo da China (Grupo) e Linhas de Contêineres da China.

2.4. Custo de transporte

A logística atua por meio de três atividades primárias: transporte, manutenção de estoque e processamento de pedidos, através de um conjunto de métodos e técnicas de apoio à decisão de gerenciamento (planejamento, organização, operação e controle) do fluxo de bens e informações entre o produtor de matéria-prima e o cliente final (D'AGOSTO; OLIVEIRA, 2018).

Somente a atividade de transporte pode representar mais de 70% do custo logístico de um país, especialmente quando as distâncias entre origem e destino do bem transportado são elevadas (FLEURY et al., 2000).

Em 2023, o custo de transporte de carga no país foi equivalente a 6,8% do PIB nacional e representou em média 60% dos custos logísticos das grandes empresas brasileiras que envolvem as atividades de processamento de pedidos, gestão de estoque e transporte de mercadorias (ILOS, 2023).

No Brasil, o modo rodoviário é responsável por aproximadamente 65% de todas as cargas transportadas no país enquanto o modo aquaviário ou aquático (navegação interior, navegação de cabotagem e navegação de longo curso) apenas 15% (CNT, 2022).

Apesar do país possuir características continentais, com extensa costa marítima e grande parte da produção e da população estar localizada no litoral, a navegação de cabotagem apresenta pouca representatividade na matriz de transporte brasileira, em um cenário com alta dependência do modo rodoviário.

Um estudo divulgado pelo ILOS (2019) demonstrou que países com uma matriz de transporte de carga equilibrada e, portanto, uma menor participação do modo rodoviário (figura 16), a exemplo da União Europeia, Estados Unidos e China, apresentam um custo logístico em relação ao PIB inferior ao Brasileiro.

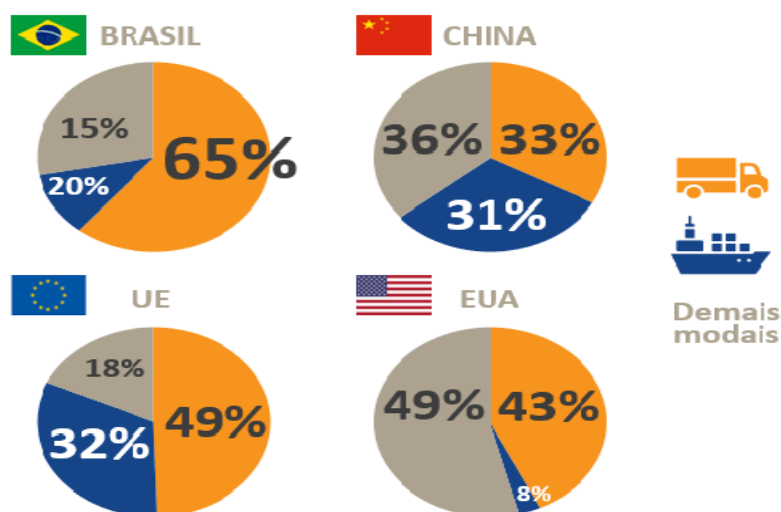


Figura 15: Matriz de Transportes (% do TKU)

Fonte: (ILOS, 2019)

Tradicionalmente, o transporte rodoviário é considerado o mais eficiente para o transporte de cargas em pequenas distâncias, pois apresenta grande capilaridade, permitindo rapidez e dinamicidade da origem ao destino. Entretanto, no Brasil, o modo rodoviário é rotineiramente utilizado para o transporte de cargas em longas distâncias, o que encarece a cadeia produtiva, gerando entraves aos diversos *players* do setor e ao consumidor final (EPL, 2018).

Uma matriz de transporte similar ao apresentado pelos Estados Unidos em 2019, por exemplo, onde o custo logístico é 7,8% do PIB, logicamente respeitada as características geográficas de cada país, permitiria ao Brasil uma redução, à época, de aproximadamente R\$ 80 bilhões no custo de transporte. Nos Estados Unidos, o modo rodoviário responde por 43% de toda a carga transportada, enquanto o ferroviário (32%), o aquaviário (8%), o dutoviário (17%) e o aéreo (0,2%) (ILOS, 2019).

Assim, o desenvolvimento de sistemas de transportes de carga eficientes, que utilizam de forma equilibrada todos os modos de transporte (rodoviário, ferroviário, aéreo, aquático e dutoviário) e a combinação deles (multimodalidade), possibilita que bens e serviços sejam comercializados a preços competitivos em lugares distantes de onde foram produzidos (D'AGOSTO e OLIVEIRA, 2018)

Segundo dados obtidos da Agência de Transporte Aquaviário (“ANTAQ”), em 2023, do total de carga transportada no país pelo modo aquático, a navegação interior movimentou 126,9 milhões de toneladas (10%), a cabotagem movimentou 213,18 milhões de toneladas (16,8%) e o longo curso movimentou 926,8 milhões de toneladas (73,2%).

Ainda em 2023, por tipo de carga, somente a cabotagem transportou 168,6 milhões de toneladas de graneis líquidos e gasosos (79,1%), 21,3 milhões de toneladas graneis sólidos (10%), 18,5 milhões de toneladas de carga containerizada (8,7%) e 4,6 milhões de toneladas de carga geral (2,1%).

Os principais produtos transportados foram o petróleo e seus derivados (77,7%), contêineres (8,7%), bauxita (6%), minério de ferro (2,8%), ferro e aço (1,6%), pasta de celulose (0,5%), soda cáustica (0,5%) e sal (0,4%) e outras cargas (9,8%) (ANTAQ, 2023).

Embora haja uma predominância do transporte de petróleo e seus derivados através da navegação de cabotagem, acredita-se haver um potencial para o transporte de carga containerizada, que é predominantemente transportada pelo modo rodoviário. Em 2023, a cabotagem transportou aproximadamente 1,8 milhões de TEU'S (ANTAQ, 2023).

Dito isto, a cabotagem apresenta a vantagem de transportar diversas cargas (graneis líquidos e sólidos, carga geral e containerizada), não importando se são embaladas, unitizadas ou a granel, com baixo custo logístico, principalmente para grandes volumes e quando os pontos de origem e destino da carga estão localizados a uma distância média acima de 600 quilômetros, e que possam aguardar um período médio de 7 a 14 dias para chegar ao seu destino (*transit time* longo) (ANTAQ, 2021)

De acordo com um estudo apresentado pela Empresa de Planejamento Logístico (2015), para o mesmo volume de mercadorias, o custo médio de transporte utilizando a cabotagem pode ser até cinco vezes menor do que se for transportado pelo modo rodoviário.

Em 2023, a cabotagem apresentou preço médio de frete para o transporte de contêineres de 0,15R\$/TKU, enquanto o transporte rodoviário foi de R\$0,43/TKU. (PNL, 2019)

Outrossim, segundo simulação realizada no âmbito do Plano Nacional Logístico 2035 (2019), em um cenário específico de promulgação da BR do Mar, o transporte de contêiner de Manaus para Santos (6.112 Km), por cabotagem, que custava, à época, em média, R\$0,0423/TKU, teria o potencial de reduzir para R\$0,0360/TKU.

Embora haja necessidade de capital intensivo para a implementação de um projeto para cabotagem, a estrutura portuária é utilizada de forma compartilhada com o longo curso, porém em volume bem reduzido quando comparado ao volume movimentado pelo comércio exterior, isso faz com que a maior parcela dos investimentos portuários recaia

sobre as operações de longo curso. (ILOS, 2019)

Ademais, a cabotagem não necessita da construção de vias (mares), além de apresentar despesa operacional com manutenção relativamente menor do que o modo rodoviário, em virtude da maior vida útil da infraestrutura, dos equipamentos e dos veículos (EPL, 2021).

De acordo com dados do Plano de Transporte e Logística da CNT (2018), o custo de manutenção da cabotagem é de R\$ 10 por cada 1000 TKUs enquanto para o transporte rodoviário é de R\$ 147 por cada 1000 TKUs.

Segundo o Índice de Competitividade de 2019, do Fórum Econômico Mundial, a qualidade dos serviços portuários brasileiros, por exemplo, se encontra na posição 104, de 141 economias comparadas. Essa posição coloca em risco a competitividade das mercadorias brasileiras, sendo necessárias ações efetivas de melhoria de processos e infraestrutura dos ativos portuários (WEF,2019).

Neste contexto, o Plano Nacional de Logística brasileira (PNL 2035) projeta um conjunto de ações para diminuir os custos logísticos, desenvolver a indústria nacional, e consequentemente gerar emprego e renda para população.

Uma matriz de transporte equilibrada pode otimizar rotas e proporcionar uma redução do TKU total em cerca de 50 bilhões, sem que haja qualquer alteração dos pares ou dos volumes das matrizes de origem e destino (PNL 2035, 2019).

O plano plurianual 2019-2023 (“PPA”) e o Programa de Parcerias de Investimentos (“PPI”) preveem investimentos relevantes para o setor de transporte de carga aquaviário, visando ampliar a participação de investimentos privados em projetos estratégicos para a economia brasileira, em um cenário de déficit fiscal, através de arrendamentos portuários, concessões e desestatizações. (BRASIL, 2016).

Do ponto de vista regulatório, o PNL 2035 considera, em contexto legal, o Programa de Estímulo à Cabotagem (“Br do Mar”) sancionado em 2021, que permite embarcações estrangeiras utilizar a cabotagem brasileira, de forma a aumentar a qualidade e a oferta de embarcações dedicadas à cabotagem (BRASIL, 2021).

Ao simular alterações em impostos, redução da burocracia e do tempo da carga e navio parados no porto, a EPL (2019) concluiu que o BR do Mar pode gerar reduções de mais de 15% em relação aos custos praticados atualmente nesse modo de transporte.

Com relação às fontes de recurso necessárias ao desenvolvimento do setor, o Banco

Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (“BNDES”), que atua com recursos provenientes do Fundo da Marinha Mercante do Brasil (“FMM”), tem disponibilizado condições de financiamento favoráveis à aquisição de embarcações, inclusive, com taxas reduzidas para projetos de descarbonização no setor de navegação (BNDES, 2024).

2.5. Demanda Energética e Eficiência Ambiental

Em 2022, de acordo com os dados do balanço energético nacional desenvolvido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), subordinada ao Ministério das Minas e Energia (MME), o setor de transporte foi responsável pelo consumo de 35,02% da toda energia consumida no país, ficando à frente do setor industrial, segundo colocado, que consumiu 34,05% (figura 17).

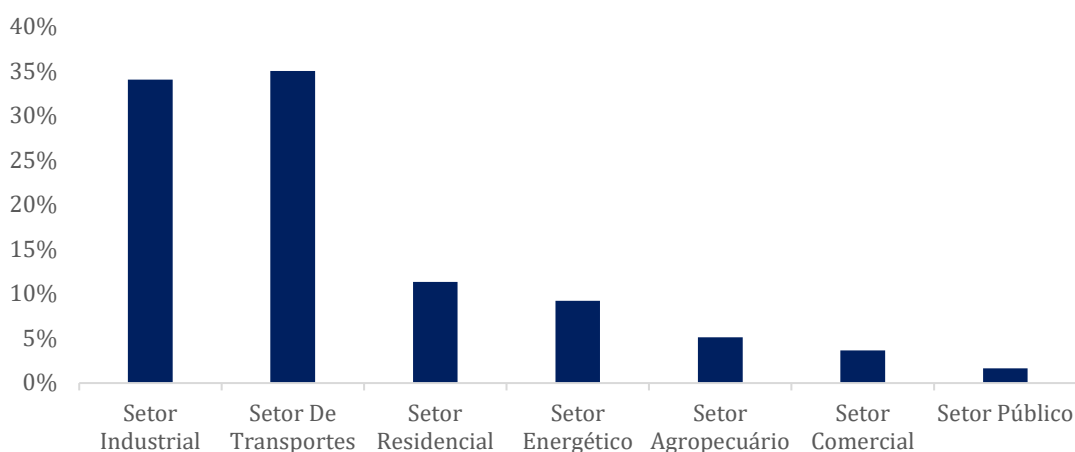


Figura 16: consumo energético por setor – ano 2022.

Fonte: Elaboração própria (EPE-MME, 2024)

Entretanto, ao analisarmos a quantidade total de CO2 equivalente (CO2e) emitida na atmosfera, a atividade de transporte foi responsável por 58,67% enquanto o setor industrial emitiu 23,79% (figura 18).

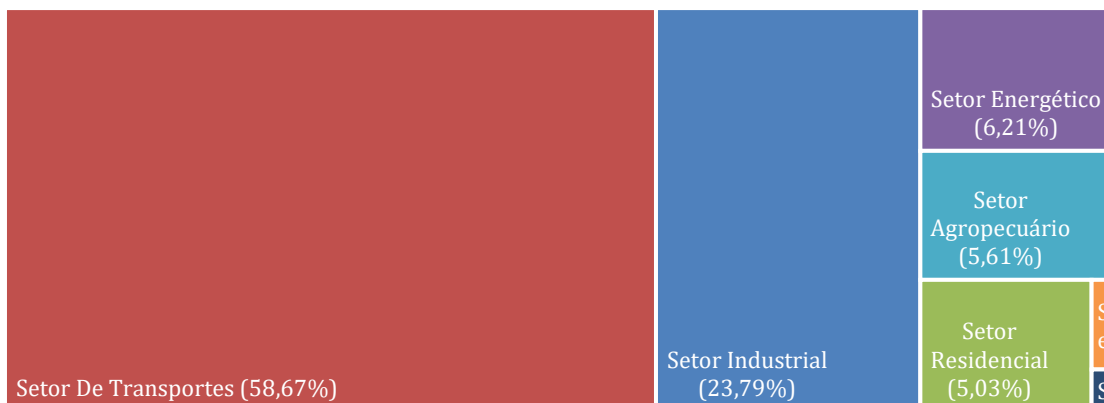
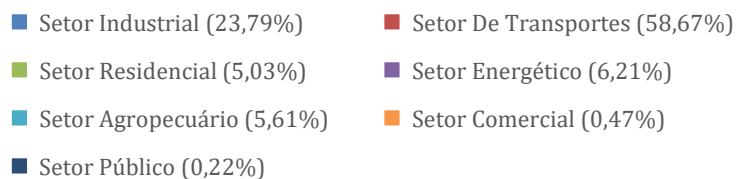


Figura 17: emissão de CO₂e por setor (%) – ano 2022.

Fonte: Elaboração própria (EPE-MME, 2024)

Isso se deve principalmente ao setor de transporte ser altamente dependente da queima de combustíveis fósseis para obtenção de energia (figura 19), enquanto o setor industrial se utiliza principalmente da energia elétrica gerada pelas hidrelétricas brasileiras, e de outras fontes de energia de baixo carbono (figura 20).

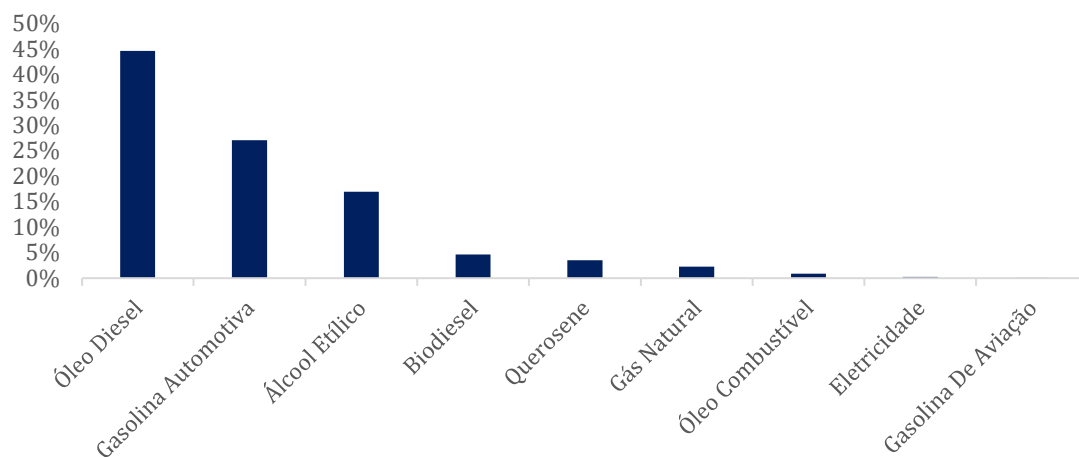


Figura 18: fonte de energia setor de transporte – ano 2022

Fonte: Elaboração própria (EPE-MME, 2024)

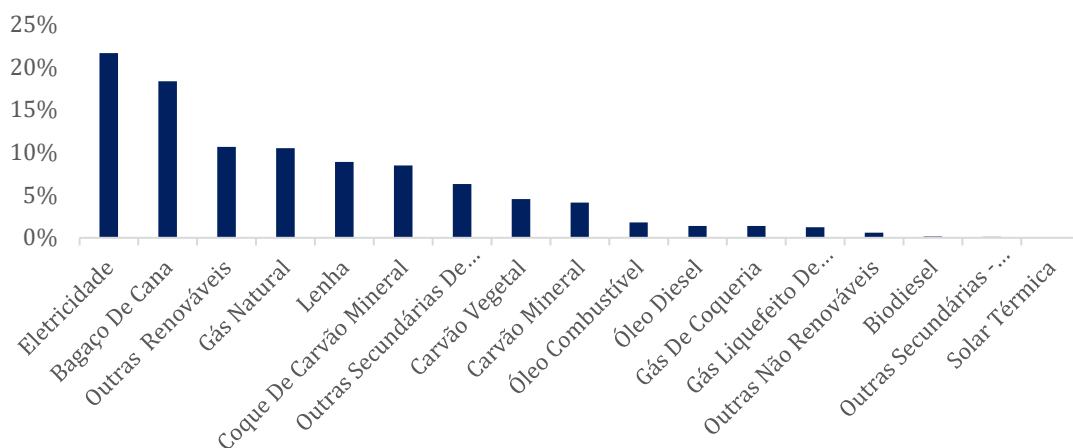


Figura 19: fonte de energia setor industrial – ano 2022

Fonte: Elaboração própria (EPE-MME, 2024)

Ao analisarmos o consumo de energia por modo de transporte no Brasil em 2022 (figura 21), nota-se maior participação do modo rodoviário que é de 93,86% enquanto a navegação de cabotagem consome 1,23% (EPE/MME, 2023).

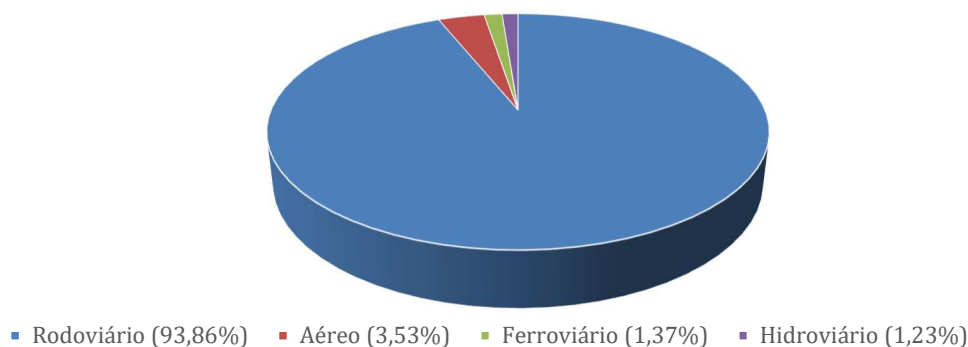


Figura 20: consumo de energia por modo de transporte (%) – ano 2022

Fonte: Elaboração própria (EPE-MME, 2024)

Conforme dados estatísticos apurados de 2022, no Brasil, somente o modo rodoviário foi responsável por 92,43% das emissões de GEE do setor de transporte (figura 22), que é uma das principais causas do aquecimento global (EPE/MME, 2023).

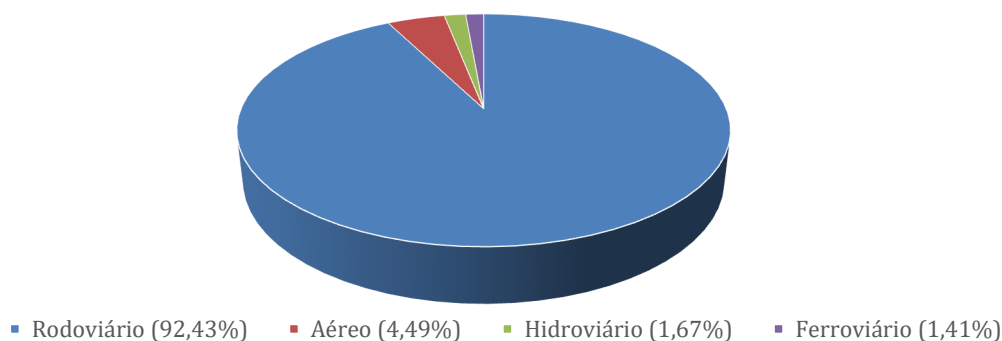


Figura 21: Emissão de Gases – Setor de transporte % - ano 2022

Fonte: Elaboração própria (EPE-MME, 2024)

Isso ocorre pois o transporte no país é predominantemente rodoviário, principalmente, em operações de transporte de carga, altamente dependente de caminhões.

Além disso, o consumo médio específico de combustível do modo rodoviário (21,05l/1000TKU) é bem superior ao da cabotagem (3,20l/1000TKU), demonstrando, portanto, a baixa eficiência energética do transporte rodoviário em comparação ao transporte marítimo de cabotagem, principalmente para grandes volumes de carga por longas distâncias (calculadora ONTL, 2024).

2.6. Segurança de carga (acidentes, roubos e avarias)

De acordo dados fornecidos pela Polícia Rodoviária Federal (ONTL, 2024), de 2013 a 2022, houve uma retração em média de 11,1% a.a. no número de acidentes nas rodovias federais (figura 23). Entretanto os indicadores no país continuam altos. Somente em 2022, ocorreram 64 mil acidentes nas estradas brasileiras, com 23.515 pessoas entre mortos e estado grave, e 120.944 pessoas entre lesões leves e ilesos.

Gráfico 18 – Dados Estatísticos acidentes - rodovias federais (2022)

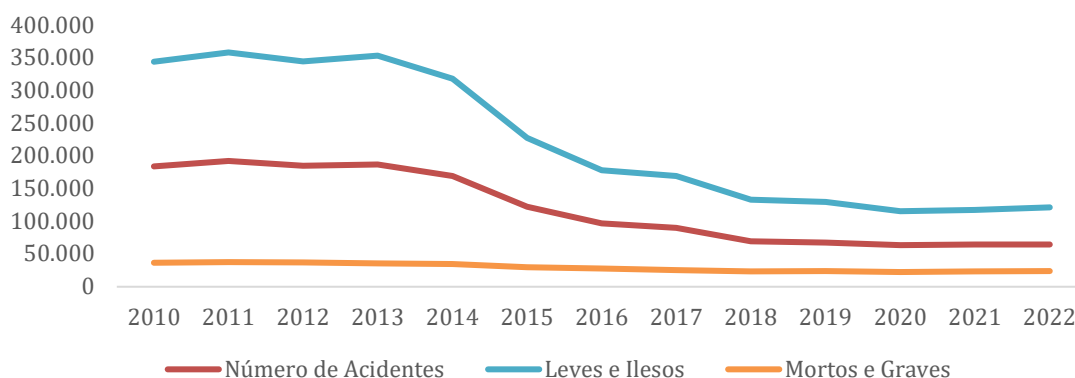


Figura 22: Dados Estatísticos acidentes - rodovias federais - ano 2022

Fonte: Elaboração própria (ONTL, 2024)

As principais causas de acidentes nas rodovias federais (veículos leves, caminhões e ônibus) são a falta de atenção e ingestão de álcool pelo motorista, não guardar distância de segurança, defeito mecânico e velocidade incompatível ao permitido pela via.

Segundo a Marinha do Brasil (ONTL, 2024), em 2022, o transporte aquaviário (transporte aquaviário, cabotagem e longo curso) apresentou 848 acidentes, com 206 vítimas fatais e 297 envolvidos entre feridos e desaparecidos (figura 24). As principais causas de acidentes estão relacionadas à naufrágio, abalroamento, colisão, queda de pessoa na água e acidente com pessoas em geral a bordo.

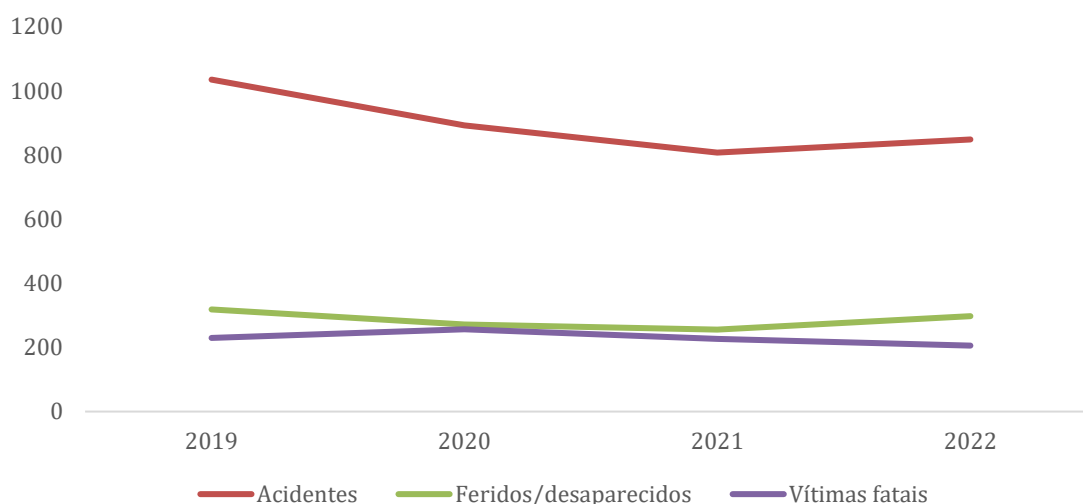


Figura 23: Dados estatísticos acidentes – Aquaviário

Fonte: Elaboração própria (ONTL, 2024)

A cabotagem representa 6,6% do total de acidentes do transporte aquaviário ocorridos de 2019 a 2022 (ONTL, 2024).

Segundo os dados disponibilizados pela Diretoria de Costa e Portos da Marinha do Brasil (ONTL, 2024), de 2019 a 2022, não houve acidentes com navios que transportavam carga containerizada, carga geral, granéis sólidos e líquidos, demonstrando, portanto, a segurança desta operação para o transporte de carga. A grande maioria dos acidentes no transporte aquático envolveram lanchas, barcos, botes, veleiros, rebocadores e empurradores.

Em média, os cargueiros da Log-in Logística Intermodal S.A. carregam 2800 TEU's (2800 contêineres de 20 pés) que são estufados com 33 toneladas de carga. Nesse sentido,

em cada viagem, uma embarcação de cabotagem pode retirar, em média, até 2800 caminhões das rodovias federais reduzindo, portanto, a possibilidade de acidentes nas estradas brasileiras (Log-in, 2021)

A respeito do roubo de carga no Brasil, um estudo divulgado pela Associação Nacional de Transporte de Cargas e Logística (NTC&Logística, 2021), apontou que o número total de casos de roubo de carga no transporte rodoviário cresceu 1,7%, passando de 14.150, em 2020, para 14.400, em 2021, com prejuízo de aproximadamente R\$ 1,2 bilhão.

O desempenho destes indicadores logístico contribui para a formação do preço final dos produtos comercializados no país à medida que encarecem os valores cobrados pelas seguradoras de carga e veículos. Em alguns casos, as seguradoras se recusam a segurar a carga ou cobram preços exorbitantes, que inviabilizam o transporte das mercadorias, podendo haver, no limite risco de desabastecimento em algumas regiões.

3. PROPOSTA DE PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para determinar os indicadores de desempenho logístico (custo de transporte, tempo de trânsito e quantidade de emissão de gases do efeito estufa) na atividade de transporte de carga realizada pelo modo rodoviário e pela cabotagem (figura 15).

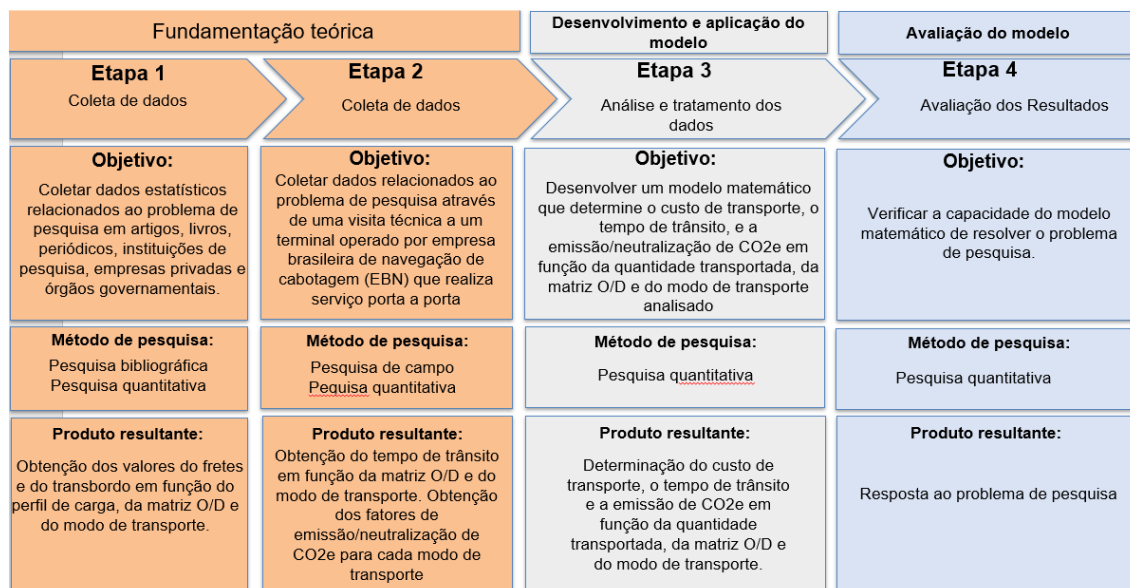


Figura 24: Roteiro metodológico

3.1. Fundamentação teórica

A etapa 1 objetivou coletar informações teóricas a respeito do problema de pesquisa e dados estatísticos relacionados aos custos de transporte rodoviário e cabotagem. Nesta etapa foram encontrados os valores de frete e de transbordo de carga na atividade de transporte em função do perfil de carga, da matriz origem/destino e do modo de transporte.

A etapa 2 objetivou coletar informações relacionadas a uma operação de cabotagem que realiza o serviço porta a porta. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de campo através de uma visita técnica ao terminal de contêiner da Log-in Logística Intermodal S.A., localizado em Vila Velha-ES.

3.2. Desenvolvimento e aplicação

Na etapa 3, a partir dos dados coletados na etapa 1 e 2, foi desenvolvido um modelo matemático que determina o custo de transporte, o tempo de trânsito e a emissão/neutralização de CO₂e em função da quantidade de carga transportada, da matriz O/D e do modo de transporte.

3.3. Avaliação do modelo

Nesta última etapa, foram analisados os resultados e a consistência do modelo conforme sua capacidade de responder à hipótese do problema de pesquisa.

4. DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO MÉTODO

4.1. Custo de transporte

A partir da análise dos dados do simulador de custo de transporte por perfil de carga (carga geral, carga containerizada, granel líquido, granel sólido agrícola e granel sólido não agrícola), data-base 2024, desenvolvido pelo Observatório Nacional de Transporte Logístico, obteve-se o custo total por tonelada de carga transportada (R\$/ton) e o custo total por tonelada de carga transportada por quilômetro útil (R\$/TKU), em função da distância percorrida através do modo rodoviário e aquático (tabelas 1 e 2).

Para o modo rodoviário, considerou-se que o fornecedor e o cliente final estão localizados em regiões próximas aos portos analisados (hinterlândia). Nesse sentido, o trajeto e a distância rodoviária percorridas foram determinados a partir da geolocalização dos Portos de Santos-SP (0 km), Itaguaí-RJ (475 km), Salvador-BA (2064 km), Suape-PE (2731 km), Pecém-CE (3194 km) e Manaus-AM (3960 km), extraída do sítio *google maps*.

Já para a navegação de cabotagem, considerou-se as distâncias marítimas da rota dedicada ao transporte de contêiner explorada por uma das principais empresas brasileiras de navegação cabotagem, que tem origem em Santos-SP (0 km), passa por Itaguaí-RJ (354 km), Salvador-BA (1747 km); Suape-PE (2332 km), Pecém-CE (3220 km), e destino em Manaus-AM (6112 km).

O conceito de frete médio corresponde à soma dos valores dos fretes por perfil de carga, dividido pelo número de perfis de carga n , considerando, portanto, um *mix* de carga transportado.

Com relação à componente de custo do transbordo de carga no porto (elevação e tombamento), o simulador (ONTL,2024) disponibiliza apenas os dados que envolvem o transbordo de granéis sólidos agrícolas. Assim, para o cálculo do custo de transporte utilizou o transbordo deste perfil de carga. Além disso, utilizou-se a quantidade total de 213,18 milhões de toneladas ou 259,2 bilhões de TKU's transportados pela cabotagem no Brasil em 2023 (ANTAQ, 2024), pois o simulador considera ganhos de escala na etapa de transbordo em função do volume movimentado. Com isso, o custo de tombamento foi de R\$ 2,61/tonelada e o custo de elevação foi de R\$ 3,32/tonelada (ONTL, 2024).

Assim, a equação do custo médio do transporte rodoviário foi definida como:

$$CRm = \sum FR_{pij}/n$$

FR_{pij} = frete rodoviário por perfil de carga p da origem i ao destino j .

n = número de perfis da carga analisados, $n= 5$.

Tabela 1

Coluna A: rota rodoviária com partida do Porto de Santos-SP.

Coluna B: distância rodoviária.

Coluna C: frete rodoviário para Carga Geral em (R\$/ton).

Coluna D: frete rodoviário para Carga Geral containerizada em (R\$/ton).

Coluna E: frete rodoviário para granel líquido em (R\$/ton).

Coluna F: frete rodoviário para granel sólido agrícola em (R\$/ton).

Coluna G: frete rodoviário para granel sólido não agrícola em (R\$/ton).

Coluna H: Custo médio do transporte rodoviário para os perfis de carga analisados (R\$/ton).

Coluna I: Custo médio do transporte rodoviário para os perfis de carga analisados (R\$/TKU).

Tabela 1:frete modo rodoviário por perfil de carga - R\$/tonelada e R\$/TKU (2024).

| A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Santos (SP) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Itaguaí (RJ) | 475 | 107,89 | 120,56 | 123,78 | 86,08 | 129,4 | 113,54 | 0,24 |
| Salvador (BA) | 2064 | 392,68 | 440,22 | 480,33 | 322,94 | 516,72 | 430,58 | 0,21 |
| Suape (PE) | 2731 | 512,22 | 574,4 | 629,99 | 422,37 | 679,31 | 563,66 | 0,21 |
| Pecem (CE) | 3194 | 595,2 | 667,54 | 733,88 | 491,39 | 792,16 | 656,03 | 0,21 |
| Manaus (AM) | 3960 | 732,48 | 821,64 | 905,76 | 605,57 | 978,88 | 808,87 | 0,2 |

Fonte: ONTL, elaboração própria, 2024.

Já a equação do custo médio total do transporte via cabotagem foi definida como:

$$CCm = (\sum FC_{pij}/n) + C(d) + C'(d)$$

FC_{pij} = frete da cabotagem por perfil de carga p da origem i ao destino j .

n = número de perfis da carga analisados, $n= 5$.

$C(d)$ = custo de transbordo no porto de origem (custo de elevação de R\$ 2,61/tonelada).

$C'(d)$ = custo de transbordo no porto de destino (custo de tombamento de R\$ 3,32/tonelada).

d = perfil de carga (granel sólido agrícola).

Tabela 2

Coluna A: rota marítima com origem no Porto de Santos-SP.

Coluna B: distância marítima.

Coluna C: frete marítimo para Carga Geral em (R\$/ton).

Coluna D: frete marítimo para Carga Geral containerizada em (R\$/ton).

Coluna E: frete marítimo para granel líquido em (R\$/ton).

Coluna F: frete marítimo para granel sólido agrícola em (R\$/ton).

Coluna G: frete marítimo para granel sólido não agrícola em (R\$/ton).

Coluna H: custo médio marítimo para os perfis de carga analisados (R\$/ton).

Coluna I: custo médio marítimo para os perfis de carga analisados (R\$/TKU).

Tabela 2: frete cabotagem por perfil de carga - R\$/tonelada e R\$/TKU (2024).

| A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| Santos (SP) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Itaguaí (RJ) | 354 | 34,86 | 37,84 | 26,72 | 20,78 | 18,72 | 28,97 | 0,08 |
| Salvador (BA) | 1747 | 79,66 | 91,6 | 70,45 | 50,43 | 46,22 | 68,86 | 0,04 |
| Suape (PE) | 2332 | 98,47 | 114,17 | 88,81 | 62,89 | 57,77 | 85,61 | 0,04 |
| Pecem (CE) | 3220 | 127,02 | 148,44 | 116,69 | 81,79 | 75,3 | 111,03 | 0,03 |
| Manaus (AM) | 6112 | 220,02 | 260,04 | 207,48 | 143,35 | 132,41 | 193,85 | 0,03 |

Fonte: ONTL, elaboração própria, 2024

Em virtude da navegação de cabotagem não realizar o serviço de coleta de carga no fornecedor e entrega ao cliente final (“serviço porta a porta”), adicionou-se à etapa de navegação do porto de origem ao porto de destino mais quatro componentes de custo: (i)

do transporte rodoviário da carga do fornecedor (ponto 1) ao porto de origem (ponto 2); (ii) do transbordo da carga - elevação da carga no porto de origem; (iii) do transbordo da carga - tombamento da carga no porto de destino (ponto 3); e (iv) do transporte rodoviário de carga do porto de destino ao cliente final (ponto 4).

Neste contexto, a equação de custo médio total do transporte via cabotagem foi definida como:

$$CCm = (\sum FR12 + \sum FCp23 + \sum FR34)/n + C(d) + C'(d)$$

$\sum FR12/n$ = frete médio do transporte rodoviário do fornecedor (ponto 1) ao porto de origem (ponto 2).

$\sum FC23/n$ = frete médio do transporte marítimo do porto de origem (ponto 2) ao porto de destino (ponto 3).

$\sum FR34/n$ = frete médio do transporte rodoviário do porto de destino (ponto 3) ao cliente final (ponto 4).

$C(d)$ = custo de transbordo no porto de origem (“custo de elevação”).

$C'(d)$ = custo de transbordo no porto de destino (“custo de tombamento”).

d = perfil de carga (granel sólido agrícola).

n = número de perfis da carga analisados, $n=5$.

A distância da etapa rodoviária varia de 0 a 300 km, em intervalos de 100 km.

A distância marítima varia de 0 a 6112 km.

Tabela 3

Coluna A: rota marítima com partida do Porto de Santos-SP.

Coluna B: distância marítima.

Coluna C: custo de transporte da cabotagem, considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) em R\$/tonelada.

Coluna D: custo de transporte da cabotagem, considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) em R\$/TKU.

Coluna E: custo de transporte cabotagem (R\$/ton), considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) e o custo do transporte da etapa rodoviária de 100 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 100 km entre o porto de destino

e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna F: custo de transporte cabotagem (R\$/TKU), considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) e o custo do transporte da etapa rodoviário de 100 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 100 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna G: custo de transporte cabotagem (R\$/ton), considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) e o custo do transporte da etapa rodoviário de 200 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 200 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna H: custo de transporte cabotagem (R\$/TKU), considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) e o custo do transporte da etapa rodoviário de 200 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 200 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna I: custo de transporte cabotagem (R\$/ton), considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) e o custo do transporte da etapa rodoviário de 300 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 300 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna J: custo de transporte cabotagem (R\$/TKU), considerando também o custo do transbordo (rodo-hidro-rodo) e o custo do transporte da etapa rodoviário de 300 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 300 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Tabela 3: Custo de transporte cabotagem + transbordo (rodo-hidro-rodo) + transporte rodoviário (0 Km, 100 Km, 200 km, 300 km) - R\$/tonelada e R\$/TKU.

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|---------------|------|-------|------|--------|------|--------|------|--------|------|
| Santos (SP) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Itaguaí (RJ) | 354 | 29,97 | 0,08 | 106,42 | 0,3 | 146,32 | 0,41 | 186,23 | 0,53 |
| Salvador (BA) | 1747 | 68,86 | 0,04 | 146,31 | 0,08 | 186,21 | 0,11 | 226,11 | 0,13 |
| Suape (PE) | 2332 | 85,61 | 0,04 | 163,06 | 0,07 | 202,96 | 0,09 | 242,86 | 0,1 |
| Pecém (CE) | 3220 | 111 | 0,03 | 188,49 | 0,06 | 228,39 | 0,07 | 268,29 | 0,08 |

| | | | | | | | | | |
|-------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| Manaus (AM) | 6112 | 193,9 | 0,03 | 271,3 | 0,04 | 311,2 | 0,05 | 351,1 | 0,06 |
|-------------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|

Fonte: ONTL, elaboração própria, 2024

4.2. Tempo de trânsito

O presente estudo analisou e comparou o tempo de trânsito ou *transit-time* da carga transportada pela rota Santos (SP) – Manaus (AM) através do transporte rodoviário e da navegação de cabotagem (figura 25 e tabela 4).

Para o cálculo do tempo de trânsito da carga via modo rodoviário, considerou-se o porto de origem e o porto de destino, como sendo a origem e o destino da carga, respectivamente. Nesse sentido, o trajeto e a distância rodoviária percorridas foram extraídas do sítio *google maps*, a partir da geolocalização dos Portos de Santos-SP (0 km), Itaguaí-RJ (475 km), Salvador-BA (2064 km), Suape-PE (2731 km), Pecém-CE (3194 km) e Manaus-AM (3960 km).

De acordo com Supremo Tribunal Federal (2023), a jornada de trabalho do motorista de caminhão é de 8 horas diárias com possibilidade de até 4 horas extras. Nesse sentido, ao tempo de trânsito do modo rodoviário foram adicionadas 8 horas de descanso para cada 10 horas em média na direção do veículo.

Já o cálculo do tempo de trânsito da carga transportada através da navegação de cabotagem foi encontrado na programação de domínio público dos navios de propriedade da empresa brasileira de navegação Log-in Logística Intermodal S.A., que realizam o serviço Manaus (SMN), uma rota marítima dedicada para contêiner (figura 24).

Este serviço regular é executado por quatro embarcações (Pedro Alvares, Sebastião Caboto, Fernando Magalhães e Américo Vespúcio), com chegadas e partidas nos portos analisados em média de 7 em 7 dias, dependendo do desempenho operacional de cada embarcação e de cada porto.

A programação mensal informa as datas e horários limites ou *dead lines* para que as cargas estejam nos portos para embarque, além das datas e horários de chegada das embarcações na barra à espera da atracação (ETA), dos horários de atracação (ETB) e dos horários de desatracação (ETS), ao longa de toda a rota realizada.

Ao analisar o tempo de transbordo através da diferença entre o ETS e o ETB, nota-se que a embarcação permanece atracada entre 15 horas e 26 horas. O tempo de elevação e de tombamento da carga pode variar em função também do desempenho operacional de cada

embarcação e de cada porto.

A cada 100 km de etapa rodoviária adicionada à navegação de cabotagem para realização do serviço porta a porta, é acrescido 1h e 30 min ao tempo de trânsito total.

As distâncias marítimas entre os portos analisados foram extraídas do site da ANTAQ: Santos-SP (0 km), Itaguaí-RJ (354 km), Salvador-BA (1747 km); Suape-PE (2332 km), Pecém-CE (3220 km) e Manaus-AM (6112 km).



Figura 25: serviço Manaus (SMN)

Fonte: Elaboração própria (Log-in, 2024)

Tabela 4: Tempo de trânsito transporte rodoviário x cabotagem

| Posição | Localização Porto | Cabotagem | | Rodoviário | |
|---------|----------------------|-----------|--------------|------------|---------------|
| | | Km | Tempo (dias) | Km | Tempo (horas) |
| S0 | Santos-SP | 0 | 0 | 0 | 0 |
| S1 | Itaguaí-RJ | 354 | 2 | 475 | 6 |
| S2 | Salvador- BA | 1747 | 5 | 2064 | 45 |
| S3 | Suape-PE | 2332 | 7 | 2731 | 62 |
| S4 | Pecém-CE | 3220 | 9 | 3194 | 73 |
| S5 | Manaus-AM | 6112 | 14 | 3960 | 97 |

Fonte: Log-in, elaboração própria, 2024

4.3. Eficiência ambiental (Emissão e Neutralização de CO₂e)

O presente estudo analisou e comparou dados relacionados à emissão de gases do efeito estufa (GEE) no transporte de carga de mesmo peso e volume, através do transporte rodoviário e da navegação de cabotagem, medida em toneladas de gás carbônico equivalente (tCO₂e), na rota Santos-SP à Manaus-AM (matriz origem/destino).

Para tanto, utilizou-se a calculadora desenvolvida pela Log-in Logística Intermodal S.A. (empresa brasileira de navegação de cabotagem), que determina a quantidade emitida de gás carbônico equivalente na atividade de transporte rodoviário e de cabotagem em função do peso de carga, da distância percorrida e do fator de emissão de GEE de cada modo de transporte (tabela 5).

A metodologia utilizada pela Companhia é baseada no GHG Protocol, que apresenta fatores de emissões de GEE estabelecidos pela Ministério do Meio Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais do Governo Britânico (DEFRA), considerando o transporte realizado por caminhão articulado com capacidade de carga acima de 33 toneladas e por média de navios de contêiner.

A ferramenta também quantifica o plantio de árvores necessário para compensar a emissão de tCO₂e na atividade de transporte, baseado em estudo de captura mínima atmosférica e incorporação do CO₂e por árvore reflorestada desenvolvido pela SOS Mata Atlântica, considerando o tempo de vida da árvore de 20 anos.

O fator de emissão utilizado é de 80,17 gCO₂e/TKU na etapa rodoviária e de 16,14 gCO₂e/TKU na etapa de cabotagem.

O fator de conversão utilizado para calcular a neutralização da emissão de GEE na atividade de transporte é de 0,14 tCO₂e/árvores.

Para os cálculos da etapa de cabotagem, considerou-se as distâncias marítimas de uma rota dedicada ao transporte de contêiner operada pela Log-in (Serviço Manaus), que tem origem em Santos-SP (0 km), passa por Itaguaí-RJ (354 km), Salvador-BA (1747 km); Suape-PE (2332 km), Pecém-CE (3220 km), e destino em Manaus-AM (6112 km).

Já para a etapa rodoviária, considerou-se que o fornecedor e o cliente final estão localizados em regiões próximas aos portos analisados (hinterlândia). Nesse sentido, o trajeto e a distância rodoviária entre as matrizes origem/destino foram determinados a partir da geolocalização dos Portos de Santos-SP (0 km), Itaguaí-RJ (475 km), Salvador-

BA (2064 km), Suape-PE (2731 km), Pecém-CE (3194 km) e Manaus-AM (3960 km), obtida no sítio *google maps*.

Em média, os cargueiros da Log-in carregam 2800 TEU's (2800 contêineres de 20 pés) que são estufados com 33 toneladas de carga. Assim, em cada viagem, considerou-se que uma embarcação de cabotagem transporta em média até 92,4 mil toneladas de carga.

Com relação à etapa rodoviária, considerou-se que o transporte de 92,4 mil toneladas foi realizado por 2800 caminhões carregados com 33 toneladas cada.

Assim, a quantidade emitida de GEE em tCO₂e por cada modo de transporte *i*:

$$E_i = D_{Ai} \cdot F_{Ei}$$

D_{Ai} = Dado de Atividade do modo de transporte *i* (TKU);

F_{Ei} = Fator de Emissão de GEE do modo de transporte *i* (tCO₂e/TKU).

$$D_{Ai} = p \cdot d_i$$

p = peso da carga transportada em cada viagem pela embarcação da Log-in (toneladas).

d_i = distância percorrida pelo modo de transporte (km).

Quantidade de árvores necessárias para neutralizar a emissão de GEE de cada modo de transporte *i*:

$$N_i = E_i / F_{Ci}$$

E_i = Emissão de GEE do modo de transporte *i* (tCO₂e).

F_{Ci} - Fator de conversão de plantio de árvores para compensar emissão de GEE do modo de transporte *i* (tCO₂e/plantio de árvores).

Tabela 5

Coluna A: matriz origem/destino do transporte rodoviário.

Coluna B: trabalho do transporte rodoviário (milhões TKU).

Coluna C: quantidade de GEE emitida pelo transporte rodoviário (tCO₂e).

Coluna D: número de árvores necessárias para neutralizar a quantidade de CO₂e emitida pelo transporte rodoviário.

Coluna E: matriz origem/destino da navegação de cabotagem.

Coluna F: trabalho da navegação de cabotagem (milhões TKU).

Coluna G: quantidade de GEE emitida pela navegação de cabotagem (tCO₂e).

Coluna H: número de árvores necessárias para neutralizar a quantidade de CO₂e emitida pela navegação de cabotagem.

Coluna I: emissões evitadas ao substituir o transporte rodoviário pela cabotagem.

Coluna J: redução da necessidade do plantio árvores ao substituir o transporte rodoviário pela cabotagem.

Tabela 5:tCO₂e x neutralização de emissão (rotas analisadas).

Fonte: Log-in e google maps, elaboração própria, 2024.

| Rodoviário | | | | Cabotagem | | | Benefícios | | |
|------------------------------|-----|-------|--------|------------------------------|-----|------|------------|-------|--------|
| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| Santos-SP (0km) | 0 | 0 | 0 | Santos-SP (0km) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Itaguaí-RJ (475 km) | 44 | 3518 | 25133 | Itaguaí-RJ (354 km) | 33 | 528 | 3771 | 2990 | 21362 |
| Salvador- BA (2064 km) | 191 | 15289 | 109211 | Salvador- BA (1747 km) | 161 | 2605 | 18612 | 12684 | 90599 |
| Suape-PE (2731 km) | 252 | 20230 | 144503 | Suape-PE (2332 km) | 215 | 3478 | 24844 | 16752 | 119659 |
| Pecem-CE (3194 km) | 295 | 23660 | 169002 | Pecem-CE (3220km) | 298 | 4802 | 34304 | 18858 | 134698 |
| Manaus-AM (3960 km) | 366 | 29334 | 209532 | Manaus-AM (6112 km) | 565 | 9116 | 65115 | 20218 | 144417 |

5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados encontrados e realiza uma análise de sensibilidade do modelo proposto em função do aumento da quantidade transportada pela navegação de cabotagem em substituição ao transporte rodoviário.

5.1. Custo de transporte

Considerando que a origem e o destino da carga são os portos analisados, observa-se que a navegação de cabotagem apresenta um custo de transporte por TKU inferior ao transporte rodoviário em toda a distância percorrida (figura 26).

Quanto maior a distância percorrida, maior a eficiência operacional da navegação de cabotagem em relação ao transporte rodoviário. Ao longo do trajeto do porto de Santos (SP) até o Porto de Manaus (AM), o custo do transporte por TKU via navegação de cabotagem reduziu 62,5% enquanto o custo do transporte rodoviário reduziu apenas 16,66%.

Esta redução na navegação de cabotagem ocorre porque quanto maior a distância percorrida maior a redução do custo médio de transporte (custo marginal) enquanto o transporte rodoviário tem um ganho marginal menor ao longo de todo trajeto.

Esta redução é mais acentuada após passar pelo porto de Itaguaí-RJ (354 km), ao apresentar R\$0,22/TKU em 100 km navegados para R\$0,06/TKU em 600 km navegados. A partir deste ponto, ocorre estabilização do custo de transporte entre R\$0,05/TKU e R\$0,03TKU até atracar no porto de Manaus-AM.

Já o modo rodoviário apresentou estabilização (R\$ 0,24/TKU) próximo ao porto de Itaguaí (RJ), quando atingiu a distância rodoviário percorrida foi de 475 Km.

Entretanto, ao analisarmos o sistema de transporte intermodal (rodoviário-cabotagem-rodoviário), de forma a realizar o serviço porta a porta, nota-se que o custo do transporte por TKU através da cabotagem se torna menor do que o modo rodoviário apenas quando o ponto de origem e destino da carga estão a uma distância superior a: (i) 482 km entre si e a 100 km dos portos, (ii) 714 km entre si e a 200 km dos portos, e (iii) 946 km entre si e a 300 km dos portos.

Isso por que a cada 100, 200 e 300 km percorridos pelo modo rodoviário que são adicionados à navegação de cabotagem para realizar o serviço porta a porta, ocorrem um incremento de R\$ 0,39/TKU, R\$ 0,29/TKU e R\$ 0,26/TKU, respectivamente, no custo

total do transporte.

No caso de distâncias inferiores a 482 km, a exemplo do trajeto Santos (SP) – Itaguaí (RJ), o transporte rodoviário se torna uma alternativa economicamente viável em relação à cabotagem, salvo se o ponto de origem e destino da carga estiver localizado à menos que 60 km do porto de Santos-SP e do Porto de Itaguaí-RJ. Assim, para cargas localizadas no Porto de Santos-SP e transportadas até o Porto de Itaguaí-RJ, por exemplo, o custo do transporte rodoviário é de R\$ 0,22/TKU e da navegação de cabotagem 0,08/TKU.

Dentro do trajeto Santos (SP) – Manaus (AM), a partir do porto de Salvador é que o serviço Manaus da Log-in passa apresentar vantagem competitiva em relação ao transporte rodoviário. Nesse ponto o custo da navegação de cabotagem varia de R\$0,13/TKU (porto de Salvador-BA) até R\$ 0,06/TKU (Porto de Manaus-AM), enquanto o custo do transporte rodoviário varia de R\$0,21/TKU (Porto de Salvador -BA) até R0,20/TKU (Porto de Manaus-AM).

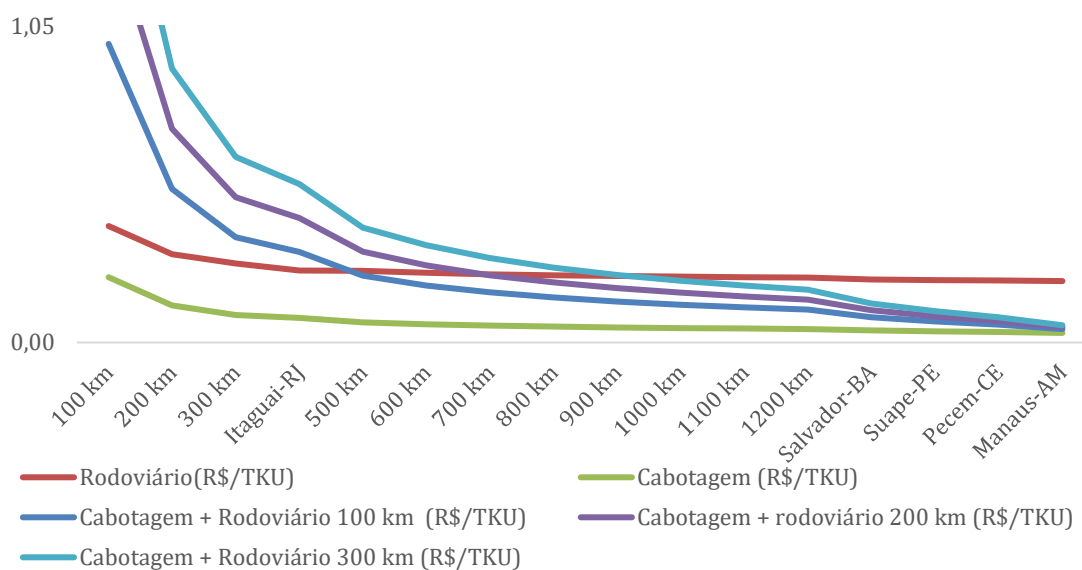


Figura 26:custo de transporte - R\$/TKU

Fonte: Elaboração própria (ONTL e google maps, elaboração própria, 2024)

5.2. Tempo de trânsito

Apesar da distância rodoviária ser superior à distância marítima ao longo de quase todo o percurso, exceto quando o destino é o porto de Manaus-AM (distância rodoviária de 3960 km e distância marítima de 6112 km) devido à distância navegável extensa através do Rio Amazonas até chegar ao Porto de Manaus- AM, observa-se que a navegação de cabotagem apresenta maior tempo de trânsito do que o modo rodoviário ao longo de toda

rota e distância analisada (figura 27).

Esta discrepância está relacionada principalmente à velocidade dos navios serem menores que a velocidade dos caminhões.

De forma a atenuar o tempo de trânsito, o serviço Manaus (SMN) da Log-in é realizado por quatro embarcações dedicadas que fazem o trajeto Santos (SP) – Manaus (AM) – Santos (SP) em aproximadamente 28 dias, com partidas e chegadas aos portos analisados em média de 7 em 7 dias.

Entretanto, dependendo da programação dos navios, uma carga pode aguardar de 5 a 9 dias no porto de origem até ser embarcada em direção ao porto de destino. Isso porque existe um *dead line* para que a carga esteja no porto de origem para ser embarcada, após esse dia e horário é necessário aguardar a próxima embarcação.

Nesse sentido, o tempo de trânsito pode ser influenciado por fatores como a distância entre portos, o tamanho da frota dedicada, a velocidade das embarcações e o tempo de espera nos portos para carga e descarga.

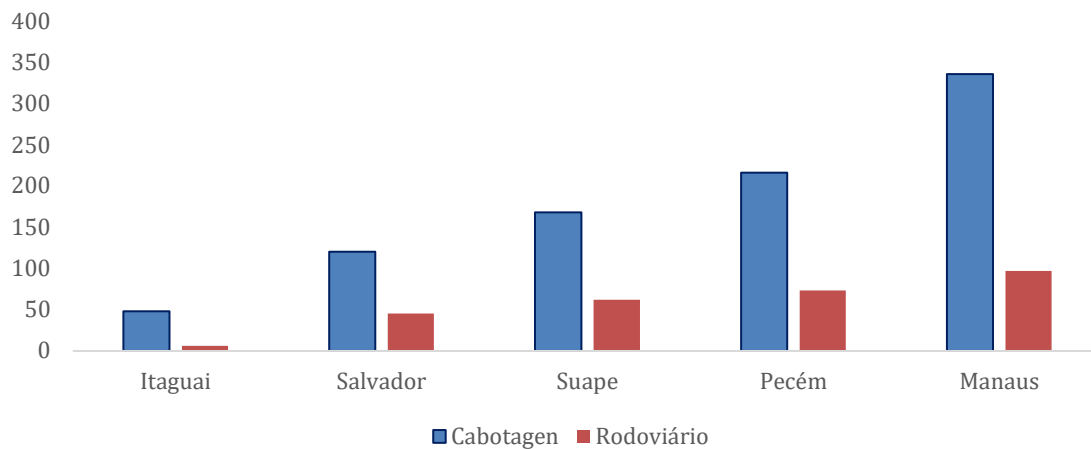


Figura 27: Tempo de trânsito em horas

Fonte: Elaboração própria (Log-in e google maps, elaboração própria, 2024)

5.3. Custo de transporte X Tempo de trânsito

O estudo analisou e comparou o custo de transporte e tempo de trânsito entre o modo rodoviário e a navegação de cabotagem ao transportar uma carga por determinadas matrizes origem/destino (figura 28).

Em todas as matrizes origem/destino, a navegação de cabotagem apresentou tempo de trânsito superior ao transporte rodoviário.

Para ser ter uma ideia do tamanho da diferença de desempenho logístico no quesito tempo de trânsito entre os modos de transporte, uma carga com origem em Santos-SP e destino em Salvador-BA utilizando o modo rodoviário (45 horas) gasta praticamente o mesmo tempo se a mesma carga fosse transportada de Santos-SP até Itaguaí-RJ pela navegação de cabotagem (48 horas).

Entretanto, o custo de transporte de carga via navegação de cabotagem é extremamente competitivo em relação ao custo do transporte rodoviário para grandes distâncias percorridas.

Dessa forma, existe um *trade-off* entre custo de transporte e o tempo de trânsito determinado em função da distância percorrida, exceto quando os custos de transporte das curvas da navegação de cabotagem estão acima dos custos de transporte da curva do modo rodoviário, pois além de apresentarem maiores custos de transporte, apresentam também maiores tempo de trânsito.

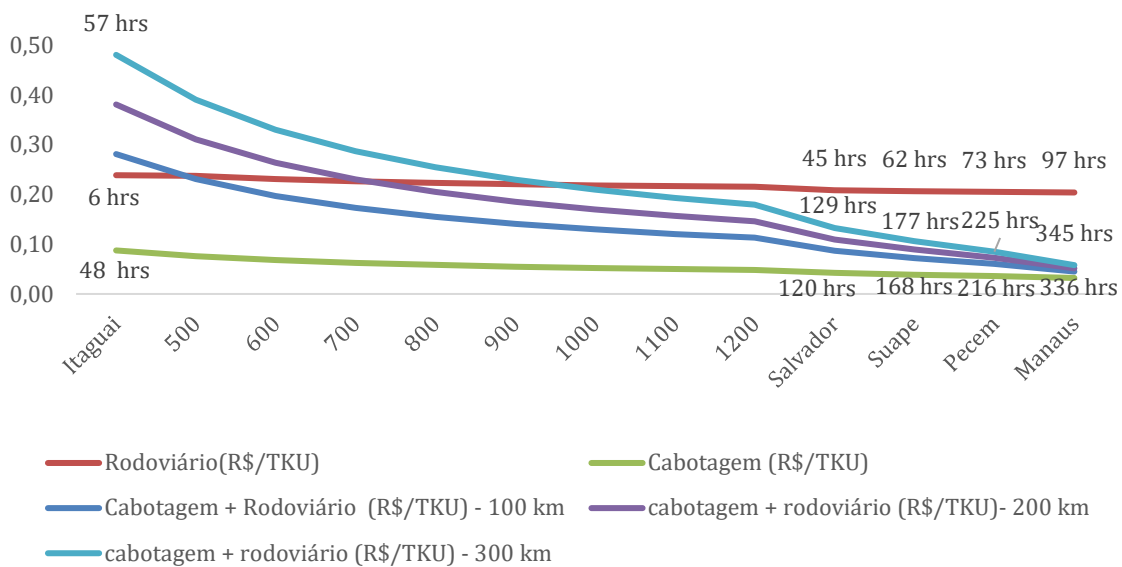


Figura 28: Custo de transporte (R\$/TKU) x tempo de trânsito

Fonte: Elaboração própria (Log-in e google maps, elaboração própria, 2024)

5.4. Eficiência ambiental

O estudo analisou e comparou a quantidade emitida de gás carbônico equivalente (CO₂e) pelo modo rodoviário e a navegação de cabotagem, em função dos parâmetros de TKU (peso da carga e distância), ao transportarem carga containerizada de 92,4 mil toneladas através da rota Santos-SP até Manaus-AM (tabela 5).

Ao analisar o percurso com origem em Santos-SP e destino em Manaus-AM, o estudo

constatou a eficiência ambiental da cabotagem em relação ao transporte rodoviário, dado que o transporte rodoviário emite 3,21 vezes mais CO₂e que a navegação de cabotagem. Esse valor abaixo do que é apresentado pela literatura se deve à distância rodoviária percorrida (3960 km) ser bem inferior a distância marítima (6112 km), o que não ocorre para as outras matrizes origem/destino analisadas.

O trajeto com origem em Santos-SP e destino em Pecém-CE, por exemplo, que apresenta distâncias marítimas e rodoviárias similares, o transporte rodoviário emite 4,92 vezes mais CO₂e que a navegação de cabotagem (tabela 1). Já no trajeto Santos-SP até Itaguaí-RJ, o transporte rodoviário emite 6,66 vezes que a navegação de cabotagem, dado que a distância marítima (354 km) é inferior à distância rodoviária (475 km).

Outrossim, uma viagem de Santos-SP até Manaus-AM através do transporte rodoviário precisaria do plantio de 209.532 árvores para neutralizar a emissão de GEE gerada, enquanto através da navegação de cabotagem a necessidade de plantio seria de 65.115 árvores.

5.5. Análise de sensibilidade

O estudo analisou o comportamento do custo do transporte e da quantidade de emissão de CO₂e na atividade de transporte de carga no país, caso ocorressem incrementos de 1%, 2% e 3% na quantidade transportada pela cabotagem em 2023 em substituição ao transporte rodoviário.

Em 2023, a navegação de cabotagem transportou por 1216 km aproximadamente 213,18 milhões de toneladas de carga. O equivalente à 259,26 bilhões de TKU's.

Neste contexto, a distância rodoviária e marítima utilizada na análise de sensibilidade foi de 1216 km.

As distâncias rodoviárias percorridas para realização do serviço porta a porta na navegação de cabotagem variaram de 0 a 300km, em intervalos de 100km.

5.5.1. Custo de transporte

Premissas:

- i. Em 2023, o custo médio do transporte marítimo foi de R\$ 0,12/TKU, considerando a distância marítima de 1216 Km; e
- ii. Em 2023, o custo médio do transporte rodoviário foi de R\$ 0,22/TKU,

considerando a distância rodoviária de 1216 km;

Assim, o custo do transporte da navegação de cabotagem para cada incremento x e distância d' (0km, 100km, 200km e 300km) para realização do serviço porta a porta:

$$CCx = (pc \cdot qx \cdot d) + (pr \cdot qx \cdot d')$$

O custo do transporte rodoviário para cada incremento x :

$$CRx = (pr \cdot qx \cdot d)$$

A redução do custo de transporte para cada incremento x :

$$RCx = CRx - CCx$$

O custo médio do transporte de cabotagem para cada incremento x :

$$CCmx = \sum CCx/n$$

O custo médio do transporte rodoviário para cada incremento x :

$$CRmx = CRx$$

A redução do custo médio de transporte para cada incremento x :

$$RCmx = CRmx - CCmx$$

x = incremento na quantidade de carga transportada pela cabotagem, $1\% \leq x \leq 3\%$, em intervalos de 1%.

qx = variação da quantidade transportada pela navegação de cabotagem em cada incremento x (toneladas).

Pc = custo do transporte através da navegação de cabotagem (R\$/TKU).

pr = custo do transporte através do transporte rodoviário (R\$/TKU).

d = distância marítima = distância rodoviária = 1216 km.

d' = distância rodoviária para realização do serviço porta a porta na cabotagem (km), $0 \leq d' \leq 300$ km, em intervalos de 100 km.

n = quantidade de distâncias rodoviárias simuladas para realização do serviço porta a porta (0, 100km, 200km e 300 km), sendo $n=4$.

Tabela 6

Coluna A: incremento na quantidade transportada pela navegação de cabotagem em

detrimento ao modo rodoviário.

Coluna B: redução do custo de transporte no país ao incrementar a quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário.

Coluna C: redução do custo de transporte no país ao incrementar a quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando também o custo do transporte da etapa rodoviário de 100 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 100 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna D: redução do custo de transporte no país ao incrementar a quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando também o custo do transporte da etapa rodoviário de 200 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 200 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna E: redução do custo de transporte no país ao incrementar a quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando também o custo do transporte da etapa rodoviário de 300 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 300 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna F: redução do custo médio de transporte no país ao incrementar a quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário (média dos custos de transporte das colunas B, C, D e E).

Tabela 6: Redução do custo de transporte rodoviário x cabotagem

| Incremento | Redução do Custo de Transporte (bilhões R\$) | | | | | |
|------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| | A | B | C | D | E | F |
| 1% | | 0,4429 | 0,2756 | 0,1894 | 0,1031 | 0,2527 |
| 2% | | 0,8858 | 0,5511 | 0,3787 | 0,2063 | 0,5055 |
| 3% | | 1,3287 | 0,8267 | 0,5681 | 0,3094 | 0,7582 |

Fonte: ONTL e *google maps*, elaboração própria, 2024

Diante ao exposto, os resultados da análise de sensibilidade demonstram com base na carga transportada pela cabotagem em 2023 que a redução anual do custo médio de transporte de carga no país pode alcançar o montante aproximado de R\$ 252,7 milhões, 505,5 milhões e R\$ 758,2 milhões ao ano, caso ocorram incrementos de 1%, 2 % e 3%,

respectivamente, na quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário (tabela 6).

5.5.2. Emissão e neutralização de CO₂e

Premissas:

- i. Etapa rodoviária com fator de emissão de 0,08017 kgCO₂e/TKU;
- ii. Etapa marítima com fator de emissão de 0,016142 kgCO₂e/TKU; e
- iii. Fator de conversão de plantio de árvores para compensar emissão é árvores/140kgCO₂e.

Assim, a quantidade emitida de GEE (tCO₂) na navegação de cabotagem para cada incremento x na quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transportar rodoviário e distância d' (0km, 100km, 200km e 300km) para realização do serviço porta a porta:

$$Ecx = qx.d.FEc + qx.d'.FEr$$

A quantidade que se deixar de emitir de GEE (tCO₂) no transporte rodoviário para cada incremento x na quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transportar rodoviário:

$$Erx = -qx.d.FEr$$

A emissão evitada em cada cenário de incremento x na quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transportar rodoviário:

$$Ex = -(Erx + Ecx)$$

A redução média das emissões no transporte de cabotagem para cada incremento x :

$$Emx = \sum Ex/n$$

x = incremento da quantidade da carga transportada pela cabotagem, onde $1\% \leq x \leq 3\%$.

FEr = Fator de Emissão de GEE do transporte rodoviário (tCO₂e/TKU).

FEc = Fator de Emissão de GEE da navegação de cabotagem (tCO₂e/TKU).

qx = variação da quantidade transportada pela navegação de cabotagem em cada incremento x (toneladas).

d = distância marítima = distância rodoviária = 1216 km.

d' = distância rodoviária para realização do serviço porta a porta na cabotagem (km), $0 \leq d' \leq 300$ km, em intervalos de 100 km.

n = quantidade de distâncias rodoviárias simuladas para realização do serviço porta a porta (0, 100km, 200km e 300 km), sendo $n = 4$.

A redução do plantio de árvores Q (neutralização) em cada cenário de incremento x na quantidade transportada pela cabotagem em detrimento ao transportar rodoviário:

$$Q = Emx/Fn$$

Fn = Fator de neutralização de 1 árvore/140kgCO₂e.

Tabela 7:

Coluna A: incremento na quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao modo rodoviário.

Coluna B: impacto do incremento na atividade de transporte em termos de emissões e neutralizações de GEE.

Coluna C: emissões e neutralizações de GEE ao incrementar a quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário.

Coluna D: emissões e neutralizações de GEE ao incrementar a quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando também o impacto do transporte da etapa rodoviário de 100 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 100 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna E: emissões e neutralizações de GEE ao incrementar a quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando também o impacto do transporte da etapa rodoviário de 200 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 200 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna F: emissões e neutralizações de GEE ao incrementar a quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando também o impacto do transporte da etapa rodoviário de 300 km entre o fornecedor e o porto de origem (distância rodoviária) e 300 km entre o porto de destino e o cliente final (distância rodoviária) para realização do serviço porta a porta.

Coluna G: médias das emissões e neutralizações ao incrementar da quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário (média das emissões e neutralizações das colunas C, D, E e F).

Tabela 7: Emissões e neutralizações de CO₂e no transporte rodoviário x cabotagem

| A | B | C | D | E | F | G |
|----|--|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1% | Emissão evitada (milhões tCO ₂ e) | 0,1660 | 0,1318 | 0,0976 | 0,0635 | 0,1147 |
| | Redução do plantio árvores em milhões | 1,1857 | 0,9416 | 0,6974 | 0,4533 | 0,8195 |
| 2% | Emissão evitada (milhões tCO ₂ e) | 0,3320 | 0,2636 | 0,1953 | 0,1269 | 0,2295 |
| | Redução do plantio árvores em milhões | 2,3715 | 1,8832 | 1,3949 | 0,9066 | 1,6390 |
| 3% | Emissão evitada (milhões tCO ₂ e) | 0,4980 | 0,3955 | 0,2929 | 0,1904 | 0,3442 |
| | Redução do plantio árvores em milhões | 3,5572 | 2,8248 | 2,0923 | 1,3598 | 2,4585 |

Fonte: Log-in e *google maps*, elaboração própria, 2024

Dito isto, os resultados da análise de sensibilidade demonstram com base na carga transportada pela cabotagem em 2023 que a redução média anual de emissão de GEE na atividade de transporte de carga pode alcançar o montante aproximado de 0,11 milhões de tCO₂e, 0,22 milhões tCO₂e e 0,34 milhões tCO₂e, caso ocorram acréscimos de 1%, 2% e 3%, respectivamente, na quantidade transportada pela navegação de cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, considerando uma etapa rodoviária de 150 km na navegação de cabotagem para realização do serviço porta a porta (Tabela 7).

6. CONCLUSÕES

No passado, o Brasil passou por diversas crises no transporte marítimo, derivadas de problemas políticos, ausência de atos regulatórios, descontinuidades de políticas públicas, fechamento de estaleiros, que provocaram uma retração da indústria naval e conseqüentemente o mau aproveitamento da navegação de cabotagem.

Apesar de sua vocação natural para cabotagem em virtude da sua extensa faixa litorânea e grande parte da produção e da população estarem localizadas na costa brasileira, o país ainda não conseguiu diversificar sua matriz de transporte de carga de forma a torná-la menos dependente do modo rodoviário.

Dados divulgados pelo IBGE em 2024 informam que 50,3% da população está localizada até 150 Km do litoral.

A revisão bibliográfica revelou que o Brasil apresenta elevados custos logísticos principalmente relacionados ao transporte de carga, que afetam os preços os produtos aos clientes finais e a competitividade da indústria nacional em um cenário de mercado globalizado.

Apesar do transporte rodoviário apresentar grande capilaridade, rapidez e dinamicidade da origem ao destino, realizando o serviço porta a porta, verificou-se que a navegação de cabotagem se torna uma alternativa sustentável para o transporte de carga no Brasil em substituição ao modo rodoviário, ao permitir o transporte de diversos tipos de carga (graneis líquidos e sólidos, carga geral e containerizada), não importando se são embaladas, unitizadas ou a granel, por um baixo custo logístico, quando os pontos de origem e destino estão a uma distância de até 300 km da costa brasileira.

Dentre os perfis de carga analisados no transporte rodoviário, os granéis sólidos agrícolas apresentaram menor custo de transporte enquanto os granéis sólidos não agrícolas apresentaram o maior custo. Isso se deve, provavelmente, à maior densidade desse perfil de carga que exige dos veículos um trabalho (energia) maior para deslocamento e conseqüentemente um consumo maior de combustível.

Já para a navegação de cabotagem, o transporte de carga geral containerizada apresentou maior custo de transporte enquanto os granéis sólidos não agrícolas apresentaram o menor custo. Tal comportamento de preço, diferente ao transporte rodoviário, pode ser atribuído ao desempenho operacional da cabotagem para determinados perfis de carga em função do volume transportado, da distância percorrida e da infraestrutura disponível. Estas

variáveis podem trazer ganhos de escala à operação de transporte.

Nesse contexto, ao analisar as principais cargas transportadas pela cabotagem, o estudo revelou que existem algumas barreiras ao aumento do transporte de carga através da cabotagem para alguns perfis de carga. Os graneis líquidos e gasosos, por exemplo, representam 79,12% do total transportado pela cabotagem em 2023. O transporte deste perfil de carga, principalmente petróleo e seus derivados, se encontra consolidado nas operações da Petrobrás S.A., através da subsidiária Transpetro S.A., e seu crescimento está atrelado ao plano de investimento da companhia.

Já com relação aos graneis sólidos agrícola, nota-se pouca utilização da cabotagem, com exceção para a carga de arroz e trigo. A produção de soja e milho, que poderia ser uma oportunidade para cabotagem, está voltada em grande maioria para o comércio exterior e, portanto, fazem uso da navegação marítima de longo curso.

Destaca-se que estas cargas do agronegócio são produzidas principalmente em cidades do Mato Grosso-MT, a exemplo de Sorriso-MT e Lucas do Rio Verde-MT, que escoam boa parte da sua produção pelo arco norte através do transporte rodoviário (BR-163) até os portos da região norte, e pelo arco sul até os portos de Santos-SP e Paranaguá-PR.

Os graneis sólidos não agrícolas também utilizam pouca a cabotagem, exceto a produção de bauxita que tem origem no estado do Pará e destino às empresas produtoras de alumínio dos estados do Pará e Maranhão, além de uma pequena parcela da produção de minério de ferro que é transportada por cabotagem até a siderúrgica do Porto de Pecém-CE.

A maior parte da produção de minério de ferro dos estados de Minas Gerais e Pará são transportadas até as siderúrgicas nacionais e os portos brasileiros com destino ao exterior (navegação de longo curso) através dos modos rodoviário, dutoviário e ferroviário, neste último caso, em malhas privadas, são transportados por alguns operadores logísticos, a exemplo da Rumo Logística, MRS e VLI-Vale.

Entretanto, em consonância com o Plano Nacional Logístico 2035 (2019), o estudo concluiu que existe uma oportunidade de crescimento da cabotagem no segmento de carga geral e contêineres, que é transportado em grande maioria pelo modo rodoviário.

Atualmente, estes perfis de carga representam apenas 2,18% e 8,7% da quantidade total de carga transportada pela cabotagem, respectivamente.

Entre 2011 e 2021, o transporte de carga containerizada apresentou crescimento de 230%, em média. As principais companhias que atuam neste segmento têm apresentado bons resultados operacionais e expressivos planos de investimento.

O segmento de transporte marítimo de carga containerizada tem se estruturado através de fusões, incorporações e Join-venture entre grandes companhias mundiais de longo curso e empresas brasileiras de cabotagem. A verticalização do setor também é uma tendência. Empresas brasileiras de navegação, que transportam contêineres, têm adquirido caminhões e constituído sua própria frota rodoviária para realizar o serviço porta a porta (etapa rodoviária da navegação de cabotagem).

Nesse sentido, concluiu-se que esta dinâmica do segmento de contêiner pode contribuir para a diminuição dos custos logísticos do país, ao aumentar a participação da navegação de cabotagem na matriz de transporte brasileira, e para melhoraria da competitividade e da produtividade da indústria local, além de impactar positivamente no valor da mercadoria ofertada ao cliente final.

Os estudos revelaram que o custo de transporte de um mix de carga de 213,8 milhões de toneladas por 1216 km através da navegação de cabotagem em 2023 foi cerca de R\$ 30,50 bilhões (R\$ 0,12/TKU). Se a mesma carga fosse transportada pelo transporte rodoviário, o custo do transporte seria de R\$ 55,78 bilhões (R\$ 0,22/TKU).

Outrossim, conclui-se que um incremento na quantidade transportada pela navegação de cabotagem em substituição ao transporte rodoviário de apenas 1%, 2% e 3% podem gerar uma redução do custo logístico brasileiro da ordem de R\$ 252,7 milhões, 505,5 milhões e R\$ 758,2 milhões ao ano, respectivamente.

Além do custo do transporte, o tempo de trânsito da carga do ponto de origem até o ponto de destino também é uma variável relevante para os embarcadores à medida que seu desempenho é uma componente importante do nível de serviço desejado na atividade de transporte.

Dependendo do tipo de carga transportada, a variável tempo de trânsito pode se tornar mais relevante ou menos relevante do que o valor do frete. Esse *trade-off* é avaliado pelo embarcador da carga no momento da escolha do modo de transporte.

Cargas perecíveis, por exemplo, tendem a utilizar o modo rodoviário, ao ponto que exigem um tempo de trânsito menor. Já mercadorias com custo de estoque de segurança reduzido ou adquiridas de forma programada podem se beneficiar do baixo custo do

transporte através da cabotagem, ao permitir um tempo de trânsito mais elevado.

Já para cargas de alto valor agregado, a variável segurança da mercadoria é um fator extremamente relevante para os embarcadores. Dessa forma, o estudo concluiu que a cabotagem pode ser competitiva em relação ao transporte rodoviário, apesar de possuir um tempo de trânsito elevado, por apresentar maior segurança no transporte de carga dado o baixo índice de acidentes, avarias e roubo de carga.

Nesse ponto, o estudo demonstrou que o aumento da participação da cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário pode reduzir o número de acidente de trânsito. Isso porque o transporte de cabotagem apresenta baixos índices de sinistro em comparação ao transporte rodoviário. Um navio contêiner da Log-in, por exemplo, transporta cerca de 2800 TEU's (contêiner de 20 pés). Nesse sentido, cada viagem realizada por esta embarcação pode retirar, em média, 2800 caminhões das rodovias e estradas brasileiras.

Assim, o incremento da participação da navegação de cabotagem na matriz de transporte brasileira tem a capacidade de aumentar a segurança e a resiliência da cadeia de suprimentos, reduzindo os riscos associados a interrupções em determinadas vias de transporte.

Com relação à emissão de GEE, o estudo revelou que a navegação de cabotagem apresenta melhor eficiência ambiental ao emitir menor quantidade de toneladas de gás carbônico equivalente (tCO₂e) por tonelada quilômetro útil (TKU) quando comparado ao transporte de carga via modo rodoviário.

O estudo concluiu que na rota Santos (SP) até Manaus (AM), a depender da origem e destino da carga, o modo rodoviário emite cerca de 3,2 à 6,6 vezes mais CO₂e na atmosfera por tonelada de carga útil transportada por quilômetro que o transporte por cabotagem.

O estudo observou que a navegação de cabotagem emitiu aproximadamente 4,19 milhões de tCO₂e para transportar 213,8 toneladas de carga por uma distância de 1216 km. Para neutralizar esta emissão seria necessário o plantio de 29,92 milhões de árvores.

Se a mesma carga fosse transportada pela mesma distância através do transporte rodoviário, seria emitido aproximadamente 20,78 milhões tCO₂e (neutralização com o plantio de 148,43 milhões de árvores).

Neste contexto, por transportar 213,8 milhões de toneladas ou 259,26 bilhões de TKU's

através da cabotagem em detrimento ao transporte rodoviário, a atividade de transporte de carga no país evitou a emissão de aproximadamente 16,59 milhões de tCO₂.

De acordo com 2º Inventário de emissões atmosféricas em usinas termelétricas ano base 2021 publicado pelo Instituto de Energia e Meio Ambiente (2021), as seis usinas termelétrica que mais emitiram GEE em 2021 foram: Porto do Pecém I - CE (3,5 milhões do tCO₂e), Candiota III – RS (3,3 milhões do tCO₂e) e Termorio – RJ (3,0 milhões do tCO₂e), Termomacaé – RJ (2,9 milhões do tCO₂e), Norte Fluminense – RJ (2,5 milhões do tCO₂e) e João Lacerda - SC (1,8 milhões do tCO₂e). Juntas, as três usinas termelétricas emitiram no referido ano 17 milhões de tCO₂e.

Assim, conclui-se que as reduções de emissão de GEE na atividade de transporte, ao incrementar a quantidade transporta pela navegação de cabotagem, podem superar à soma das emissões de CO₂e das três usinas termelétricas que mais emitiram gases de efeito estufa (GEE) em 2021.

Entretanto é preciso reduzir o tempo de trânsito da navegação de cabotagem de forma a melhorar a eficiência deste indicador operacional em relação ao apresentado pelo modo rodoviário. Este indicador impacta na decisão de negócio de fornecedores e clientes finais no momento da escolha do modo de transporte.

Ao diminuir as distâncias percorridas e evitar rotas desnecessariamente longas, a cabotagem pode tornar-se competitiva em relação ao transporte rodoviário de carga.

Dito isto, é necessário analisar todo processo de transporte da carga para identificar ineficiências que estejam afetando o tempo de trânsito. Outrossim, alguns temas podem ser abordados em estudos futuros, a exemplo da otimização de rotas (gestão da frota), da adoção de tecnologia (*softwares* de roteirização), da melhoria da infraestrutura portuária, do controle de estoque e distribuição, e das parcerias com fornecedores e clientes finais (contratos de longo prazo).

É importante destacar que não foi objeto deste estudo, as perspectivas futuras em relação ao desenvolvimento e utilização de combustíveis eficientes de baixo carbono que podem alterar a dinâmica atual dos custos de transporte e das emissões de GEE por modo de transporte.

Entretanto, empresas que estão comprometidas com a agenda ESG (Ambiental, Social e Governança) podem vislumbrar na cabotagem uma forma de atingir suas metas de descarbonização, que podem ser negociadas no mercado de crédito de carbono.

Por fim, o estudo demonstrou que apesar da cabotagem apresentar menor custo de transporte e melhor eficiência ambiental, principalmente para grandes distâncias, quando comparado ao modo rodoviário, não tem a capacidade de conectar diretamente produtores e consumidores, através de um serviço de transporte porta a porta.

Dessa forma, entende-se que os modos de transporte não são excludentes, dado que o transporte rodoviário de carga continuará atendendo a demanda dos embarcadores, de forma complementar à cabotagem, executando um maior número de viagens através de distâncias mais curtas (última milha), transportando as mercadorias do porto de destino ao consumidor final ou, ainda, das zonas produtoras ao porto, realizando o serviço porta a porta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAC. Associação Brasileira de Armadores de Cabotagem. Ciclo da cabotagem. Disponível em: <<https://abac-br.org.br/embarcacoes/>>. Acesso em: 10 mar. 2024

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviário. Estudo de Cabotagem: subsídio ao debate regulatório sobre a competição no transporte de cargas no país, em médias e longas distâncias, com foco no transporte de contêineres na cabotagem, [2021]. Disponível em: <<https://sophia.antaq.gov.br/terminal/Acervo/Detalhe/27613?returnUrl=/terminal/Home/Index&guid=1606089608521>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviário. Estatístico Aquaviário, 2024. Disponível em: <<https://web3.antaq.gov.br/ea/sense/transpcabotagem.html#pt>>. Acesso em: 8 abr. 2024.

_____. Quantitativo de Cargas de Cabotagem Transportadas em Embarcações Nacionais em Comparação com as Estrangeiras: agenda plurianual de estudos 2021/2024. Disponível em: <https://www.gov.br/antaq/pt-br/central-de-conteudos/estudos-e-pesquisas-da-antaq1/Avaliacao_do_quantitativo_de_cargas_transportadas_em_embarcacoes_nacionais_em_comparacao_com_as_estrangeiras_autorizadas_pela_Antaq.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BALLOU, Ronald. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial. São Paulo: Atlas, 2006.

BNDES. Banco Nacional de desenvolvimento econômico e social. Fundo Clima. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/fundo-clima>>. Acesso em: 10 mar. 2024.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

_____. Lei nº 8.630 de 25 de fevereiro de 1993 - Dispõe sobre o regime jurídico da exploração dos portos organizados e das instalações portuárias e dá outras providências. (LEI DOS PORTOS)

_____. Lei nº 14.301, de 7 de janeiro de 2022. Institui o Programa de Estímulo ao Transporte por Cabotagem (BR do Mar) e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 mar. 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/Lei/L14301.htm>. Acesso em: 13 mar. 2024.

_____. EPE. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional, 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>>.

Acesso em: 13 mar. 2024.

CARVALHO, R. O. Logística integrada na prestação de serviços de cabotagem: porto-a-porto e porta-a-porta. Disponível em: <<https://tede.unisantos.br/bitstream/tede/484/1/Renata%20Carvalho.pdf>> Acesso em: fev, 2024

CARVALHO, M.A. Navegação de Cabotagem para o Transporte de Cargas História, desafios, regulação e futuro. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/navegacao-de-cabotagem-para-o-transporte-de-cargas-historia-desafios-regulacao-e-futuro.htm>>. Acesso em 13 mar, 2024.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. O Transporte Move o Brasil: propostas da CNT para o país. Brasília-DF, 2022. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/pesquisas> Acesso em 15 mar, 2024.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. Custo logístico consome 12,7% do PIB do Brasil, 2016. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/custo-logistico-consome-12-do-pib-do-brasil>. Acesso em 15 mar, 2024.

_____. Pesquisa CNT do transporte aquaviário. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/estudo/transporte-aquaviario-cabotagem-2013>>. Acesso em 15 mar. 2024.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 003, 28 de junho de 1990. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/mma/re0003-280690.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2024

COSTA ET AL. estratégias e políticas públicas para o setor naval. v. 27, n. 54, p. 83-142, 2021. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/21543/1/pr_bs_setor%20naval_215340_bd.pdf>. Acesso em 20 fev. 2024.

CRUZ, S.M.L; ARAUJO. M.C.B.; ALENCAR, L. Transporte de cabotagem no Porto de Suape, Pernambuco: uma pesquisa exploratória. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/prod/a/JjyCGNdbZQc4bSTMQnMFKpB/?lang=pt&format=html#>> . Acesso em: março, 2024.

D'AGOSTO, M.O; OLIVEIRA, C. Logística sustentável: vencendo o desafio contemporâneo da cadeia de suprimentos. Rio de Janeiro, Elsevier, 2018.

EPE. Ministério de Minas e Energia. Balanço energético nacional, 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

EPL. Empresa de Planejamento e Logística S.A. Relatório Executivo do Plano Nacional de Logística – 2025. Brasília-DF, 2018. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-2025>>. Acesso em: 25 mar, 2024.

_____. Plano Nacional de Logística–2035. Disponível em: <www.gov.br/infraestrutura/ptbr/assuntos/politica-eplanejamento/copy_of_planejamento-de-transportes/pnl-2035>. Acesso em: 28 mar 2024.

_____. Cabotagem: A Importância para o Transporte Brasileiro e as Medidas de Estímulo do BR do Mar. Disponível em: ontl.epl.gov.br/publicações/boletins-de-logística. Acesso em: março, 2024.

_____. Transporte inter-regional de carga no Brasil – Panorama 2015. Disponível em: <<https://www.epl.gov.br/transporte-inter-regional-de-carga-no-brasil-panorama-2015>>. Acesso em: 29 mar. 2024.

GOOGLE MAPS. Localização geográfica, 2024. Disponível em: www.google.com/maps/. Acesso em: 11 jun. 2024).

GOULARTI FILHO, Alcides. A trajetória da Marinha Mercante Brasileira: administração, regime jurídico e planejamento. 2010.

INFRA S.A. Anuário Estatístico de transporte, 2013-2022. Disponível em: <https://ontl.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/Anuario-Estatistico-de-Transporte-2013-2022_VF_2.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2024.

INFRA.S.A. Empresa Pública Federal. Simulador de custo de transporte. Disponível em: <www.infrasa.gov.br/ontl/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transporte/>. Acesso em 03 mar. 2024.

INFRA S.A. Empresa Pública Federal. Simulador de custo de transporte. Disponível em: <www.infrasa.gov.br/ontl/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transbordo/>. Acesso em: 03 mar. 2024.

INFRA S.A. Simulador de gases de efeito estufa – GEE, 2024. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/aplicacoes/simulador-de-gases-de-efeito-estufa-gee/>>. Acesso em: 05 jul. 2024.

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Disponível em: <https://antigo.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudanca_do_clima.html>. Acesso em: 13 abr. 2024.

JESUS, CG, GITAHY, L. Sobre águas revoltas... Crescimento e crise da indústria naval brasileira no princípio do século XXI. Disponível em: <<https://revistas.unifacs.br/index.php/rde/article/view/7087/4353>>. Acesso em: 07 mar. 2024.

JESUS, C. G., SILVA, R. D. Trabalhadores a ver navios: reflexões sobre o mercado de trabalho da indústria naval na região metropolitana do Rio de Janeiro. Cadernos Metrôpole (PUCSP), São Paulo, v. 19, p. 47-68, 2017

LOG-IN LOGÍSTICA INTERMODAL S.A. Programação de navios, 2024. Disponível em: <www.loginlogistica.com.br/programacao/programacao-de-navios/>. Acesso em: 04 mai. 2024.

LOG-IN LOGÍSTICA INTERMODAL S.A. Calculadora de CO2. 2024. Disponível em: <<https://calculadoradeco2.loginlogistica.com.br/calculadora/>>. Acesso em: 05 mai. 2024.

MACHADO, M., SOUTO, SMM, CARVALHO, S.A. Navegação de cabotagem no Brasil e seus desafios na matriz de transportes. Revista de direito e negócios internacionais da maritime law. Vol. 1, nº 2, Julho a Dezembro - 2021. pp 123-144. Disponível em: <<https://www.sumarios.org/artigo/navega%C3%A7%C3%A3o-de-cabotagem-no-brasil-e-seus-desafios-na-matriz-de-transportes>>. Acesso em: 23 mar. 2024.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG), 2017. Disponível em: <https://www.observatoriodoclima.eco.br/wp-content/uploads/2017/10/seeg2017/presskit_FINAL.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2024.

_____. Análise das Emissões de gases de efeito estufa e suas Implicações para as Metas Climáticas do Brasil, 1970-2021. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG-10-anos-v4.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

OLIVEIRA, D. Após perda de encomendas e falta de incentivos e pandemia, indústria naval se reinventa e olha para novas oportunidades. Revista Portos e Navios. Disponível em: <<http://sinaval.org.br/2022/09/apos-perda-de-encomendas-falta-de-incentivos-e-pandemia-industria-naval-se-reinventa-e-olha-para-novas-oportunidades/>>. Acesso em: 15 fev. 2024.

NTC. Logística divulga pesquisa do roubo de cargas. Disponível em: <<https://www.portalntc.org.br/ntclogistica-divulga-pesquisa-do-roubo-de-cargas-2021/>>. Acesso em: 30 mar. 2024.

_____. Simulador de custo de transporte. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/aplicacoes/simulador-de-custo-de-transporte/>> Acesso em: 15 abr. 2024.

ONTL. Simulador de gases de efeito estufa – GEE. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/aplicacoes/simulador-de-gases-de-efeito-estufa-gee/>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

_____. Anuário Estatístico de transporte, 2013-2022. Disponível em: <https://ontl.infrasa.gov.br/wp-content/uploads/2023/11/Anuario-Estatistico-de-Transporte-2013-2022_VF_2.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

_____. Painel do anuário estatístico: acidentes de tráfego. Disponível em: <<https://ontl.infrasa.gov.br/paineis-analiticos/painel-do-anuario-estatistico/acidentes-de-trafego/>>. Acesso em: 24 mar. 2024.

OVERHAUL. Brasil: relatório trimestral de roubo de cargas. 2023. Disponível em: <<https://over-haul.app.box.com/s/5uy9puj4nv45qjzkn6uco9d7sxo268ge>>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SILVEIRA JR., Aldery. Cabotagem Brasileira: Uma Abordagem Multicritério. 1ª ed. Curitiba: Appris, 2018.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes et al. Navegação de cabotagem brasileira. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 47, p. 391-435, 2018. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15385>>. Acesso em: 10 fev. 2024.

VIDAL, RMCS. Características e análise da rede de capacitação tecnológica do setor Elétrico-metal-mecânico pernambucano para atendimento à construção naval: Estudo exploratório. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/515/1/arquivo1068_1.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2024.

WEF. The Global Competitiveness Report. Disponível em: <https://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf> Acesso em: 05 fev. 2024.