

PROJETO DE GRADUAÇÃO

**MODELO DE COMPARAÇÃO ENTRE OS MODOS DE
TRANSPORTE RODOVIÁRIO E DE CABOTAGEM NO BRASIL**

Por,

Isabella Helena Tavares de Morais

Brasília, 26 de outubro de 2021.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Faculdade de Tecnologia

Departamento de Engenharia de Produção

**MODELO DE COMPARAÇÃO ENTRE OS MODOS DE
TRANSPORTE RODOVIÁRIO E DE CABOTAGEM NO BRASIL**

Por,

Isabella Helena Tavares de Morais

Relatório submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro
de Produção

Banca Examinadora

Prof. Dr. Sérgio Ronaldo Granemann, UnB/ EPR (Orientador)

Profa. Dra. Márcia Terezinha Longen Zindel, UnB/ EPR

Brasília, 26 de outubro de 2021.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me deu o fôlego de vida e a sabedoria necessária para finalizar o curso de Engenharia de Produção. Sem Ele, nada seria possível. A Ele seja dada toda a honra, a glória e o louvor para todo o sempre.

Agradeço ao meu pai, Jovenal, que nunca mediu esforços para me dar a melhor educação possível, sempre prezou por me matricular nas melhores escolas e acreditou no meu potencial. Agradeço a minha mãe, Norma, a minha maior incentivadora, que sempre levantou minha cabeça quando eu pensava em desistir e me fez acreditar que com a ajuda de Deus eu seria capaz de atingir meu objetivo. Aos meus pais eu devo todo o investimento que fizeram para a formação do meu caráter e agradeço a paciência e o tempo que dedicaram ensinando-me a amar a Deus sobre todas as coisas.

Agradeço a minha tia, Mema, que juntamente à minha mãe torce por mim e comemora todas as minhas conquistas. Agradeço ao meu primo, Guilherme, que assim que eu passei no PAS me disse as palavras mágicas “NÃO REPROVE NO CICLO BÁSICO!”. Isso fez toda a diferença, pois busquei dar o melhor de mim para ser aprovada em todas as disciplinas. Agradeço a minha prima, Daniela, pois teve paciência, ou pelo menos tentou ter, para estudar comigo desde o ensino fundamental e também sempre me ajudou a crer no meu potencial. Agradeço a todos os meus familiares que, de perto ou de longe, corroboraram para esta tão sonhada conquista.

Agradeço ao meu orientador, professor Sérgio Granemann, que não somente é um excelente professor, mas também um exímio orientador e esteve a todo o momento presente para sanar as minhas mais diversas dúvidas.

Agradeço a minha supervisora do estágio, Joana Habbema, que com paciência e muita boa vontade me ajudou a obter os dados utilizados neste estudo.

Agradeço aos meus amigos da UnB, em especial ao Alexandre Bonfim, Davi, Bizzo, Igor Quaresma e Jordana Ribeiro, por estarmos juntos nesses quase seis anos de muito trabalho em quase todos os PSP's. Estou muito feliz em poder dividir esse momento marcante com vocês. Além disso, agradeço aos meus amigos de fora da faculdade que também estiveram presentes em minha vida nos últimos anos e compreenderam as várias vezes que eu não pude participar de algo por estar ocupada com os afazeres da UnB.

Por fim, eu agradeço a todos, amigos e professores, que me acompanharam durante o curso e de alguma forma colaboraram para minha formação acadêmica como engenheira de produção e, principalmente, para minha formação como pessoa.

RESUMO

O transporte é essencial ao processo logístico e responsável por agregar valor para o produto ao realizar o fluxo de mercadorias. No Brasil, o modo rodoviário é a principal alternativa para movimentação de pessoas e cargas embora tenha a eficiência do serviço afetada desfavoravelmente haja vista a infraestrutura inadequada existente. Dessa forma, o transporte aquaviário tem se mostrado uma alternativa relevante para o transporte de cargas. Em 2020, foi apresentado o Projeto de Lei nº 4199/2020, conhecido como “BR do Mar”, para incentivar a cabotagem no país. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo realizar um estudo comparativo entre as modalidades de transporte rodoviário e de cabotagem para movimentação de carga granel sólido. O estudo consiste em um trabalho quantitativo que não apenas analisa e estabelece relações entre variáveis para calcular o custo logístico total, mas também analisa o nível de serviço oferecido e os *trade-offs* existentes em cada um dos modos de transporte considerados a fim de indicar a melhor escolha modal. Os resultados obtidos foram satisfatórios e indicaram a cabotagem como melhor transporte visto que, em conformidade com o apresentado na literatura, o custo logístico total da cabotagem foi 54,24% mais barato que o do transporte rodoviário.

Palavras-chave: Transporte rodoviário. Cabotagem. Escolha modal de transportes. Custos logísticos. Nível de Serviço. *Trade-offs*.

ABSTRACT

Transportation is essential to the logistical process and responsible for adding value to the product when carrying out the flow of goods. In Brazil, roads are the main alternative for moving people and cargo, although the efficiency of the service is unfavorably affected, given the inadequate existing infrastructure. Thus, waterway transportation has proven to be a relevant alternative for cargo transport. In 2020, Bill No. 4199/2020, known as “BR do Mar”, was presented to encourage cabotage in the country. In this context, this study aims to carry out a comparative study between road transportation and cabotaging for handling bulk solid cargo. The study consists of a quantitative work that not only analyzes and establishes relationships between variables to calculate the total logistic cost, but also analyzes the level of service offered and the existing trade-offs in each of the modes of transport considered in order to indicate the best modal choice. The results obtained were satisfactory and indicated cabotage as the best transport since, in compliance with what is presented in the literature, the total logistic cost of cabotage was 54.24% cheaper than road transport.

Key-words: *Road transport. Cabotage. Choice of transport mode. Logistics costs. Service level. Trade-offs.*

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Mapa de rodovias federais pavimentadas e não pavimentadas | 14 |
| Figura 2 - Infraestrutura ferroviária..... | 15 |
| Figura 3 - Infraestrutura aquaviária | 16 |
| Figura 4 - Infraestrutura Aeroviária | 16 |
| Figura 5 - Perfil das cargas nos portos brasileiros (milhões de toneladas) | 21 |
| Figura 6 - Perfil das cargas movimentadas na navegação de cabotagem..... | 21 |
| Figura 7 - Tomada de decisões logísticas..... | 26 |
| Figura 8 - Elementos do serviço ao cliente | 39 |
| Figura 9 - Capacidade de carga..... | 43 |
| Figura 10 - Etapas do trabalho..... | 47 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Classificação relativa de modalidades de transporte por custo e características de desempenho operacional | 20 |
| Tabela 2 - Movimentação portuária por tipo de navegação em 2019 e 2020 em toneladas..... | 22 |
| Tabela 3 - Tipo de carga movimentada por Cabotagem em 2019 e 2020 em toneladas..... | 22 |
| Tabela 4 - Comparação entre os modos, segundo indicadores de eficiência | 44 |
| Tabela 5 - Precificação da soja | 49 |
| Tabela 6 - Valores de frete e distância..... | 50 |
| Tabela 7 - Custo tributário | 54 |
| Tabela 8 - Custo logístico total do transporte de soja | 55 |
| Tabela 9 - Representatividade dos custos em relação ao custo total | 55 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Composição da matriz de transporte de cargas no Brasil | 17 |
| Gráfico 2 - Variação do frete em relação à distância percorrida em quilômetros | 23 |
| Gráfico 3 - Percentual dos custos no transporte aquaviário | 56 |
| Gráfico 4 - Percentual dos custos no transporte rodoviário..... | 56 |
| Gráfico 5 - Custo de Transporte versus Custo de Estoque | 57 |
| Gráfico 6 - Custo de Transporte versus Custo de Armazenagem | 58 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Composição do custo logístico total | 36 |
| Quadro 2 - Características dos modos de transporte..... | 45 |
| Quadro 3 - Análise de vantagens, desvantagens e custos em diferentes modos | 45 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 | CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA | 13 |
| 1.2 | JUSTIFICATIVA..... | 18 |
| 1.3 | OBJETIVOS..... | 23 |
| 1.3.1 | Objetivo Geral..... | 23 |
| 1.3.2 | Objetivos Específicos | 23 |
| 1.4 | METODOLOGIA | 24 |
| 1.5 | ESTRUTURA DO TRABALHO | 25 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 26 |
| 2.1 | MODELOS DE ESCOLHA MODAL | 26 |
| 2.2 | CUSTOS LOGÍSTICOS | 29 |
| 2.2.1 | Custo de Transporte | 30 |
| 2.2.2 | Custo de Estoque | 31 |
| 2.2.3 | Custo de Armazenagem | 32 |
| 2.2.4 | Custo de Transbordo | 33 |
| 2.2.5 | Custo Portuário..... | 33 |
| 2.2.6 | Custo Tributário | 34 |
| 2.2.7 | Custo logístico total | 35 |
| 2.3 | NÍVEL DE SERVIÇO LOGÍSTICO..... | 36 |
| 2.3.1 | Elementos do serviço ao cliente | 38 |
| 2.4 | <i>TRADE-OFFS</i> LOGÍSTICOS | 39 |
| 2.5 | TRANSPORTE RODOVIÁRIO | 40 |
| 2.5.1 | Vantagens e Desvantagens do Transporte Rodoviário | 41 |
| 2.6 | CABOTAGEM..... | 41 |
| 2.6.1 | Vantagens e Desvantagens da Cabotagem | 43 |
| 2.7 | COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MODOS..... | 45 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3 | METODOLOGIA..... | 47 |
| 4 | APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS | 48 |
| 4.1 | MOVIMENTAÇÃO DA CARGA..... | 48 |
| 4.2 | PREÇO DA SOJA NO MERCADO | 48 |
| 4.3 | CUSTO LOGÍSTICO TOTAL | 49 |
| 4.3.1 | Custo de transporte | 50 |
| 4.3.2 | Custo de estoque..... | 52 |
| 4.3.3 | Custo de armazenagem | 52 |
| 4.3.4 | Custo portuário | 53 |
| 4.3.5 | Custo tributário | 53 |
| 4.3.6 | Custo Logístico Total..... | 54 |
| 4.4 | NÍVEL DE SERVIÇO E <i>TRADE-OFFS</i> | 56 |
| 5 | CONCLUSÃO..... | 59 |
| 5.1 | RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS..... | 60 |
| | REFERÊNCIAS | 61 |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

De acordo com Ebenroth (1989), a internacionalização econômica tem se acelerado devido à revolução tecnológica nos transportes e comunicações, ao desenvolvimento econômico de vários países, ao aumento dos investimentos diretos estrangeiros e à expansão dos negócios de crédito internacional.

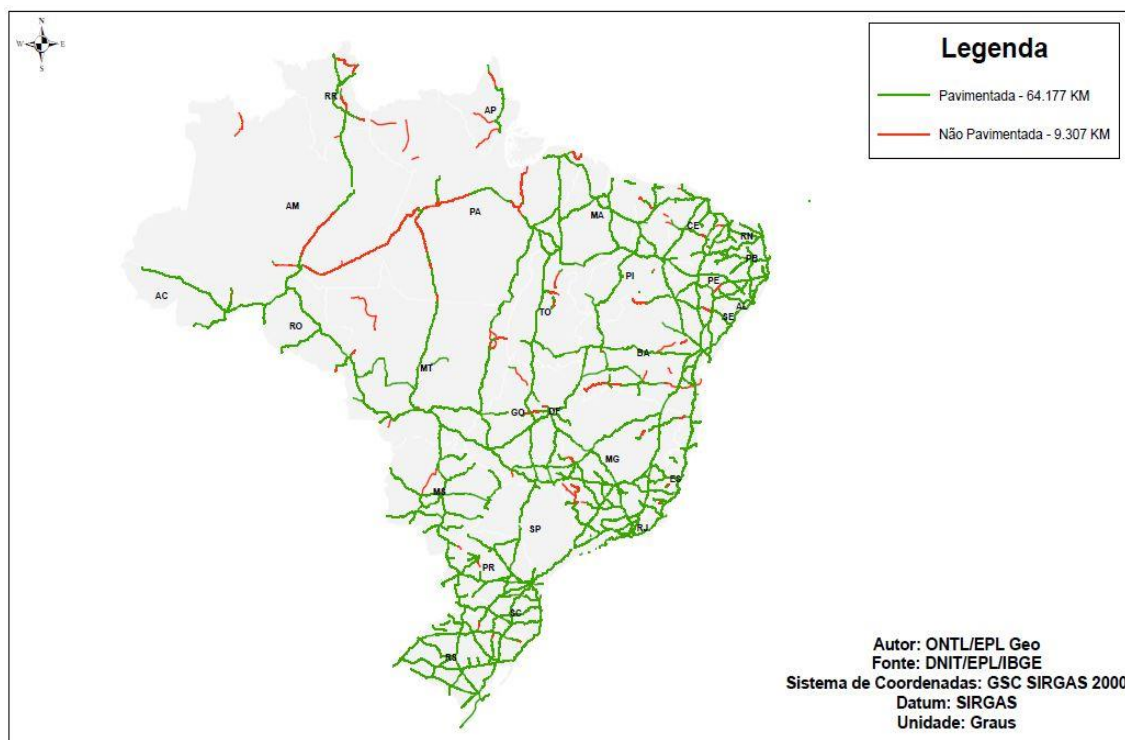
Assim, Junior (2019) afirma que a internacionalização significa a ampliação das possibilidades e das estratégias para a produção e circulação de mercadoria. Isto tem com o objetivo aproveitar as vantagens locais em vários países e, conseqüentemente, reduzir o custo e o tempo de transporte, facilitando a distribuição das mercadorias para os principais mercados consumidores.

A mundialização do capital, a integração comercial e os avanços dos meios de comunicação e vias de transportes possibilitaram a articulação de diferentes mercados por meio de redes produtivas e logísticas apoiadas em inovações tecnológicas. Dessa forma, segundo Junior (2019), existe um processo de formação de redes e fluxos para conectar mercados consumidores e unidades de produção. Nesse cenário, para Albuquerque (2006), o transporte é o meio responsável por realizar o fluxo de mercadorias e é essencial no processo logístico, agregando valor ao produto.

No Brasil, o transporte rodoviário constitui a principal modalidade de transporte quando comparada às demais. Isto se dá em decorrência de uma política do governo do presidente Washington Luís, cujo lema era “Governar é construir estradas”.

De acordo com o Sistema Nacional de Viação (SNV) do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), em 2020, a extensão total da malha rodoviária federal era de 73.484 quilômetros, dos quais 64.177 quilômetros eram rodovias federais pavimentadas e 9.307 quilômetros eram rodovias federais não pavimentadas conforme se apresenta na Figura 1.

Figura 1- Mapa de rodovias federais pavimentadas e não pavimentadas

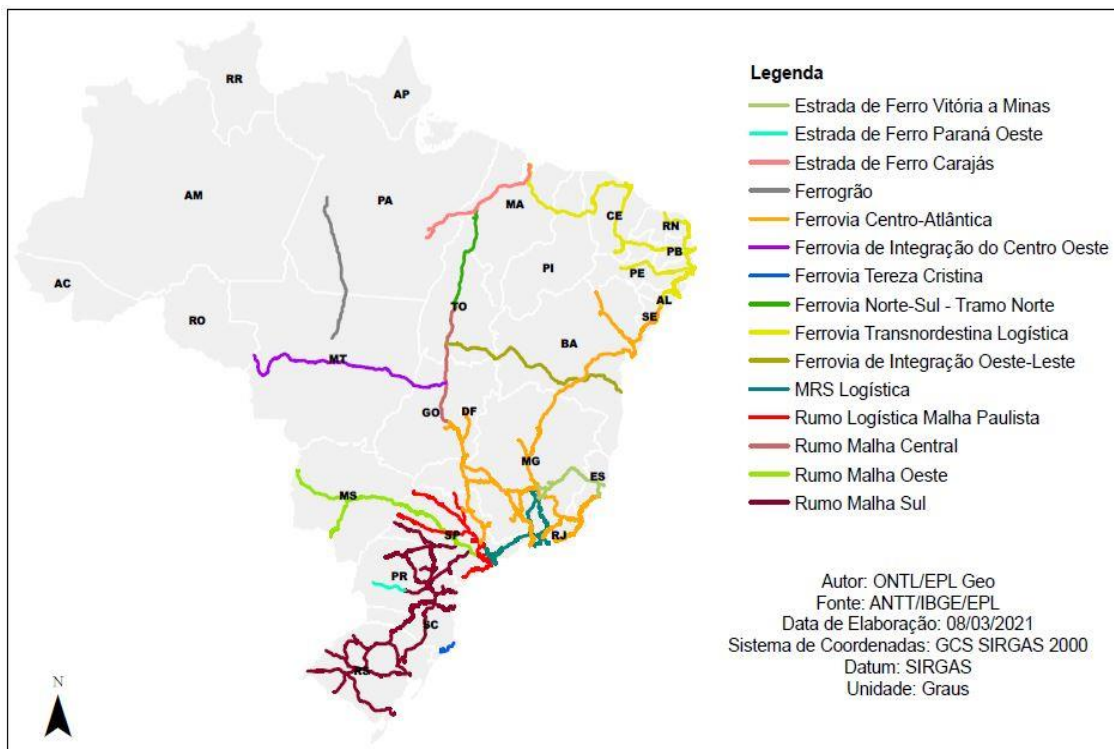


Fonte: Empresa de Planejamento e Logística (EPL) (2020)

Em conformidade com o exposto anteriormente, Ono (2001) ressalta que a chegada de indústrias automobilísticas, os investimentos direcionados para a construção de estradas, a pavimentação de vias e a manutenção da malha rodoviária corroboraram para o estabelecimento da modalidade rodoviária como a principal. Desse modo, pode-se evidenciar a veracidade desta afirmativa ao comparar o tamanho da malha rodoviária com o tamanho da malha das demais modalidades, a rodoviária é a maior.

Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), em 2020, a extensão total da malha ferroviária era de 29.925,1 quilômetros conforme se apresenta na Figura 2.

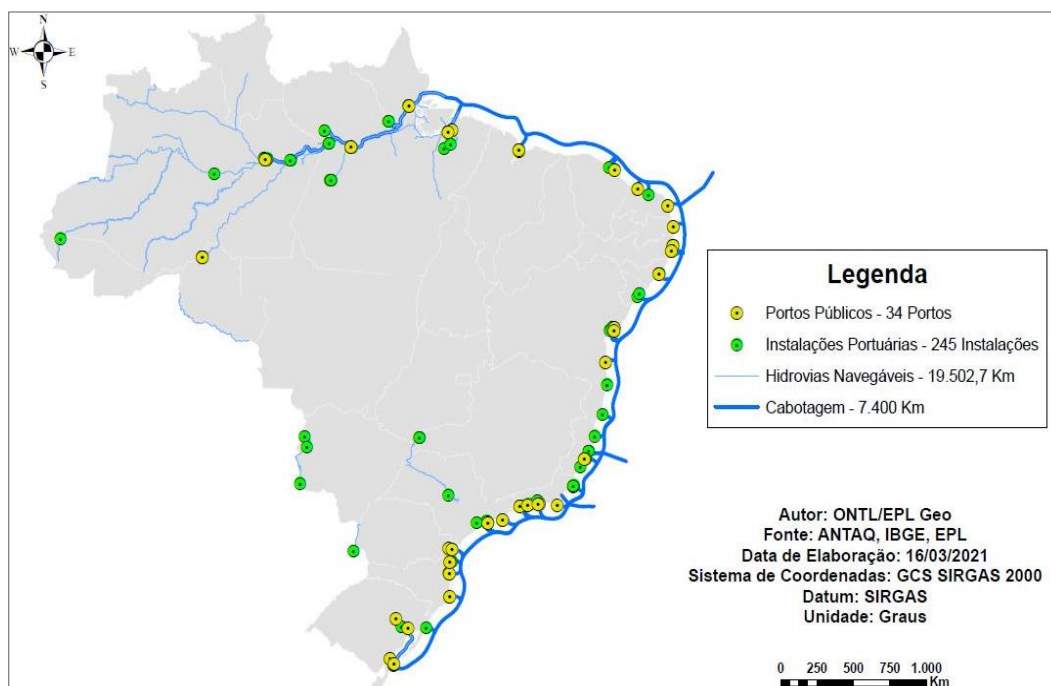
Figura 2 - Infraestrutura ferroviária



Fonte: EPL (2020)

Já em relação à malha aquaviária, em 2020, de acordo com dados da Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ), o Brasil contava com 19.502,7 quilômetros de hidrovias navegáveis. Além disso, o país possui 7.400 quilômetros de litoral que favorece o transporte de cabotagem consoante se apresenta na Figura 3.

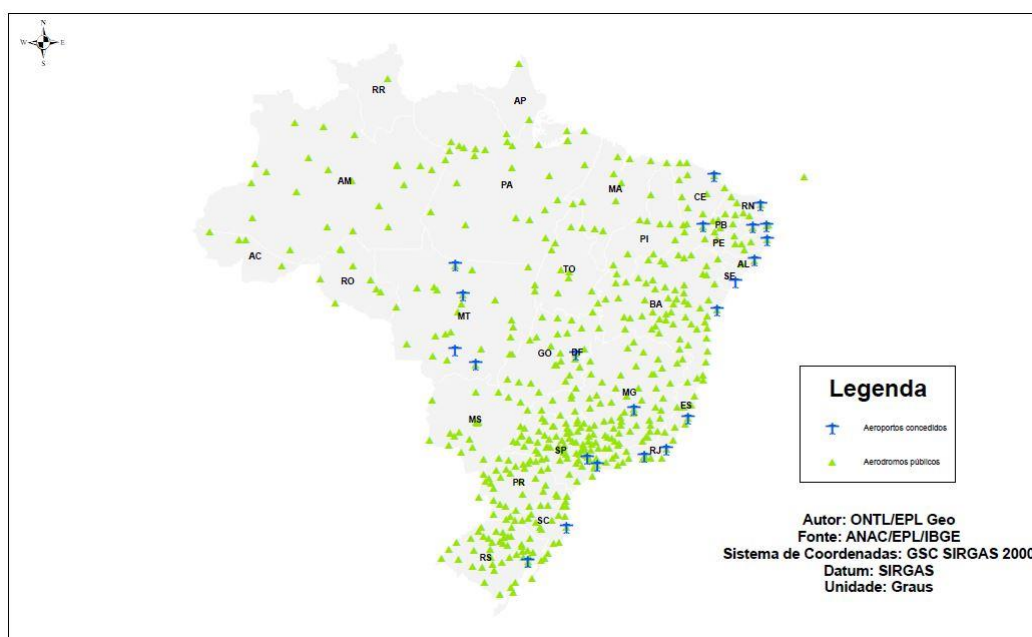
Figura 3 - Infraestrutura aquaviária



Fonte: EPL (2020)

É importante ressaltar que, em 2020, a rede aeroportuária brasileira contava com 529 aeroportos públicos e 22 aeroportos concedidos segundo a Agência Nacional de Aviação (ANAC) conforme é apresentado na Figura 4.

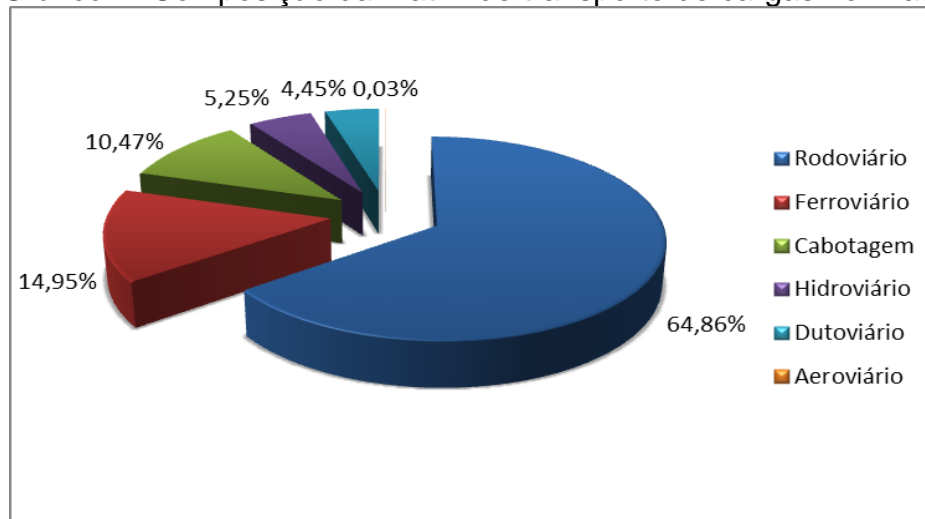
Figura 4 - Infraestrutura Aeroviária



Fonte: EPL (2020)

Nesse contexto, faz-se necessário destacar que a infraestrutura da matriz de transportes brasileira é responsável por possibilitar a movimentação de cargas entre várias unidades da Federação. O Gráfico 1 mostra a distribuição desta matriz, em abril de 2021, de acordo com o Boletim Estatístico elaborado pela Confederação Nacional do Transporte (CNT).

Gráfico 1- Composição da matriz de transporte de cargas no Brasil



Fonte: CNT. Elaborado pela autora (2021)

Segundo Lopes (2013), devido às constantes mudanças no mercado, ao alto grau de competitividade e clientes mais exigentes, as empresas de transporte tiveram de buscar estratégias de planejamento e controle na operação para melhorar o nível de serviços prestado ao cliente, reduzir custos e melhorar a rentabilidade da empresa.

Nesse contexto, haja vista a dimensão continental do Brasil, é comum e frequente o problema da escolha do modo de transporte mais adequado ou a combinação mais adequada dos modos para fazer a integração do espaço produtivo, pois cada tipo de modalidade possui desempenho e características próprios. A escolha modal correta é essencial para manter a competitividade das empresas e possibilitar a conquista de novos clientes, pois devido à existência de diversos tipos de transporte, pode-se estabelecer uma concorrência entre as modalidades ou entre a combinação de modalidades.

Adicionalmente, Ballou (2001) afirma que o planejamento logístico é importante no que se refere ao nível de serviço oferecido ao cliente. Oliveira (2004) ressalta que o transporte pode representar até 75% do custo logístico total. Dessa

forma, as decisões de transporte podem envolver a escolha modal, a especificação dos veículos, a quantidade de carga transportada, a roteirização, e a programação da operação propriamente dita.

Para Ono (2001), haja vista a grande extensão da costa brasileira, aproximadamente 7.400 km, e o fato das principais cidades, polos industriais e centros consumidores concentrarem-se no litoral, investimentos em outros modos de transportes, principalmente no aquaviário, seriam alternativas viáveis para compor a cadeia de suprimentos de diversos setores do mercado brasileiro.

Nesse cenário, Teixeira *et al* (2018) expõem que a navegação de cabotagem consiste em uma grande oportunidade para o Brasil tornar mais eficiente o sistema de transporte, tanto no âmbito econômico quanto no ambiental. Assim, devido ao grande potencial operacional, a cabotagem pode ser vista como uma significativa oportunidade de remover os principais gargalos de movimentação de mercadorias.

Frente ao exposto, percebe-se a importância da escolha modal para melhoria da eficiência da movimentação de mercadorias e para a busca de melhorias no planejamento e gerenciamento da cadeia logística.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em um país com dimensões continentais como o Brasil, pessoas e mercadorias percorrem longas distâncias e precisam alcançar áreas distantes no interior do território. Por isso, haver planejamento e investimentos continuados no setor de transportes é necessário.

A modalidade de transporte rodoviário é a alternativa primordial para movimentação tanto de pessoas como de cargas no Brasil. O modo rodoviário apresenta não apenas vantagens em relação à flexibilidade e à facilidade de acesso aos pontos de embarque e desembarque, mas também oferece serviço porta a porta aos usuários.

Contudo, segundo a CNT (2019b), esse modo de transporte apresenta infraestrutura com qualidade inadequada e quantidade insuficiente, de maneira que a eficiência do serviço oferecido é afetada desfavoravelmente. Por conseguinte, as inadequações relacionadas à qualidade do pavimento aumentam o custo operacional do transporte rodoviário de carga em 27%. Assim, os efeitos adversos da qualidade das rodovias existentes no Brasil além de provocarem aumento do

custo operacional do transporte, acarretam maior probabilidade de ocorrência de acidentes rodoviários e aumentam os impactos ambientais.

Conforme a Pesquisa CNT de Rodovias (2019a), as vias rodoviárias apresentam 17,4% das vias classificadas como péssimas ou ruins em relação ao pavimento. Assim, estima-se que as inadequações no pavimento podem elevar o custo operacional do transporte rodoviário de cargas, em uma rodovia em péssimo estado de conservação, em até 91,5% quando comparado ao custo operacional percebido ao utilizar uma rodovia com pavimento ótimo.

Posto isso, as inadequações relacionadas à má qualidade do pavimento aumentam o custo operacional do transporte rodoviário de cargas devido ao maior consumo de combustíveis, pneus e lubrificantes, além da necessidade de manutenções mais frequentes e mais onerosas nos caminhões.

Assim, para Kussano (2010), o país enfrenta problemas infraestruturais graves que dificultam, por exemplo, a expansão do agronegócio brasileiro, pois grande parte da produção agrícola brasileira é escoada por rodovias. Consequentemente, devido à má conservação das estradas, pode-se perceber o alto índice de perda de grãos durante a movimentação das cargas.

Comparativamente aos demais modos, segundo Faria (2001), a modalidade aquaviária é vantajosa por transportar grandes volumes de carga em um único veículo de transporte, o que representa um baixo consumo de energia por unidade de peso movimentada.

Contudo, o transporte aquaviário apresenta menores velocidades, disponibilidade e frequência em relação aos demais modos. Além disso, as mercadorias movimentadas nesse segmento são geralmente homogêneas, de menor valor agregado, não perecíveis e de grande tonelagem.

Nos últimos anos, Ballou (2006) relata que, devido ao crescimento do transporte internacional, aumentou a utilização de transportes de mercadorias que utilizam mais de uma modalidade devido aos ganhos econômicos proporcionados. Assim, a Tabela 2 apresenta uma comparação entre diferentes modalidades em relação a vários critérios.

Tabela 1 - Classificação relativa de modalidades de transporte por custo e características de desempenho operacional

| <i>Modal de transporte</i> | <i>Características de desempenho</i> | | | | |
|----------------------------|--|---|--|---|---|
| | <i>Custo^b</i> <i>1 = maior</i> | <i>Tempo médio de entrega^c</i> <i>1 = mais rápido</i> | <i>Variabilidade do tempo de entrega</i> | | <i>Perdas e danos</i> <i>1 = menor</i> |
| | | | <i>Absoluta</i> <i>1 = menor</i> | <i>Percentual^d</i> <i>1 = menor</i> | |
| Ferroviário | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| Rodoviário | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 |
| Aquaviário | 5 | 5 | 5 | 4 | 2 |
| Dutoviário | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 |
| Aéreo | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 |

Fonte: Ballou (2006)

Na Tabela 1, Ballou (2006) faz a comparação de custo por tonelada-milha. A velocidade considerada é a de porta a porta e o percentual se refere à taxa da variação absoluta do tempo de entrega em relação ao tempo médio de entrega.

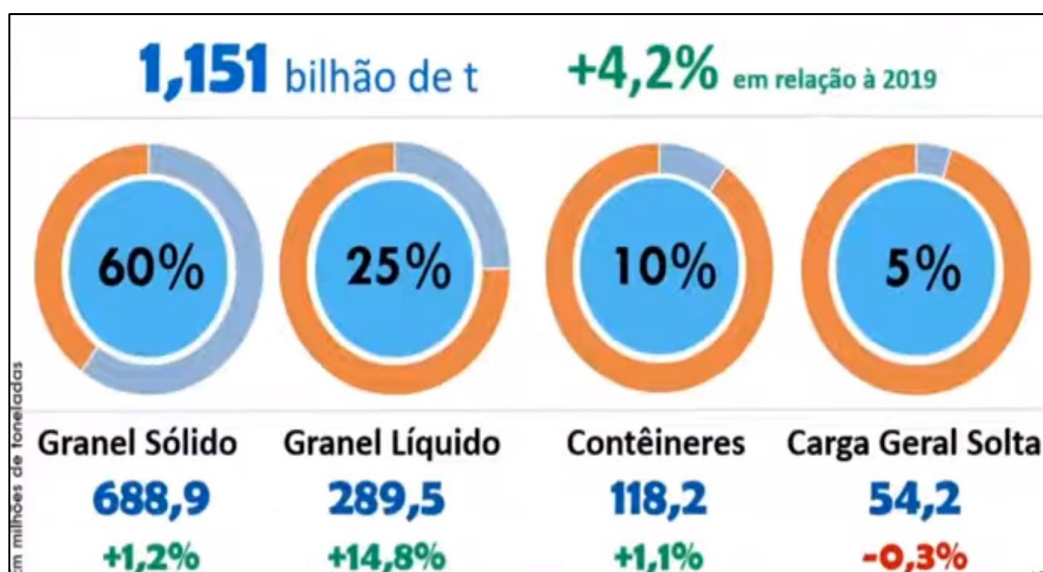
A comparação expõe o transporte aeroviário como o de maior custo e o mais rápido para entrega da mercadoria enquanto que o aquaviário representa o transporte de menor custo e o mais lento para entrega da mercadoria. Por isso, segundo Oliveira (2004), é essencial buscar o equilíbrio entre os atributos relativos a custos logísticos e ao nível de serviço ofertado.

Nesse contexto, ressalta-se a importância do processo de escolha modal, pois ele é responsável pela eficiência e eficácia da operação de transportes. Elevados custos de transporte e baixos níveis de serviço podem não apenas reduzir a competitividade dos produtos no mercado internacional, mas também aumentar os preços no mercado doméstico.

Uma vez que o transporte aquaviário tem se mostrado uma alternativa relevante para o transporte de cargas, em 2020, segundo a EPL (2021a), o Ministério da Infraestrutura apresentou o Projeto de Lei nº 4199/2020, conhecido como “BR do Mar”. Este projeto visa incentivar a cabotagem no país por meio do incremento da oferta, incentivo à concorrência e à competitividade, redução de custos logísticos, expansão de rotas e equilíbrio da matriz de transportes brasileira.

De acordo com o Estatístico Aquaviário 2020, apresentado pela ANTAQ em março de 2021, é possível perceber que o transporte de granel sólido por todos os tipos de navegação representou 60% da movimentação geral de cargas em 2020 (Figura 5).

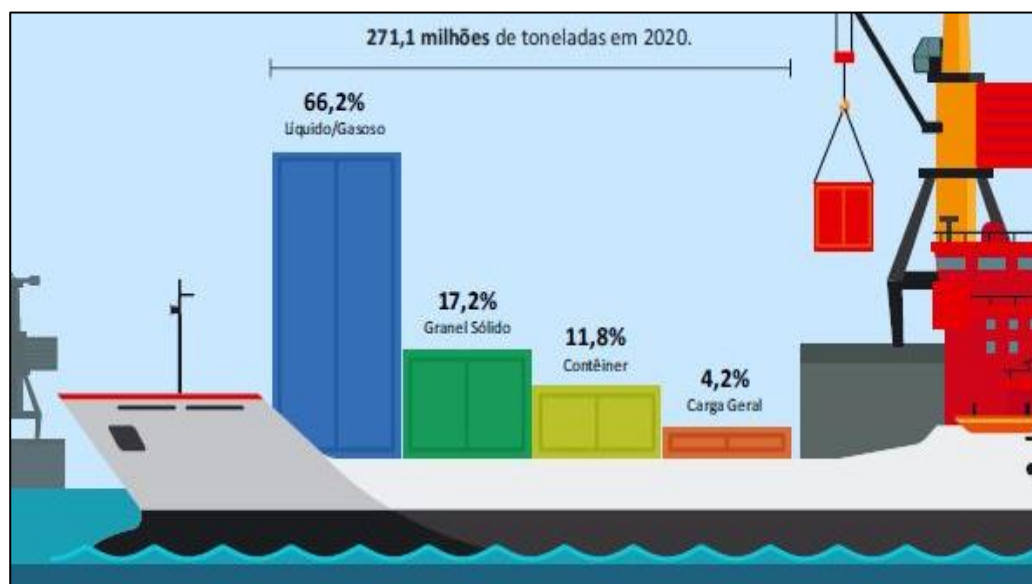
Figura 5 - Perfil das cargas nos portos brasileiros (milhões de toneladas)



Fonte: ANTAQ (2021)

Em relação às cargas movimentadas na navegação de cabotagem, em 2020, 17,2% correspondem à carga de granel sólido como é possível observar na Figura 6.

Figura 6 - Perfil das cargas movimentadas na navegação de cabotagem



Fonte: EPL (2021)

A cabotagem foi responsável pela movimentação portuária de 512.549.666,11 toneladas de cargas em 2019 e 2020 conforme pode ser observado na Tabela 2. Este valor representa 22,7% do total movimentado nos dois últimos anos.

Tabela 2 - Movimentação portuária por tipo de navegação em 2019 e 2020 em toneladas

| | |
|-----------------|------------------|
| Apoio Marítimo | 2.899.486,00 |
| Apoio Portuário | 4.256.306,10 |
| Cabotagem | 512.549.666,11 |
| Interior | 134.818.764,76 |
| Longo Curso | 1.602.923.970,12 |

Fonte: ANTAQ. Elaborado pela autora (2021)

Já a Tabela 3 apresenta os tipos e a quantidade de carga movimentada por cabotagem em 2019 e 2020.

Tabela 3 - Tipo de carga movimentada por Cabotagem em 2019 e 2020 em toneladas

| | |
|-------------------------|----------------|
| Carga Containerizada | 64.201.962,19 |
| Carga Geral | 24.915.456,82 |
| Granel Líquido e Gasoso | 332.468.619,12 |
| Granel Sólido | 90.963.627,98 |

Fonte: ANTAQ. Elaborado pela autora (2021)

Nesse cenário, entre 2019 e 2020, do total movimentado por cabotagem (512.549.666,11 toneladas) foram transportados por cabotagem 368.984.546,56 toneladas e deste total de carga transportada, 44.602.424,03 toneladas eram cargas granel sólido. A diferença entre movimentação e transporte consiste no fato de transporte ser o ato de levar determinada carga de uma origem até um destino, enquanto movimentação refere-se a operações de carga e descarga em navios atracados.

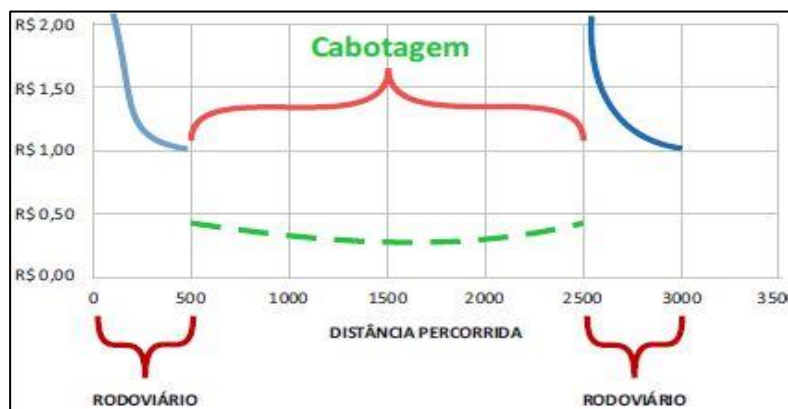
Posto isso, de acordo com a EPL (2021a), o Ministério da Infraestrutura estima que com o “BR do Mar” haverá aumento potencial de crescimento da cabotagem ao ano de 30%.

Porém, faz-se necessário destacar que o transporte de cabotagem não é autossuficiente por ser incapaz de levar todo tipo de mercadoria da origem ao porto e do porto até o consumidor final. Portanto, conforme afirma a EPL (2021a), o transporte rodoviário continuará sendo importante para atender a esse tipo de demanda de maneira complementar à cabotagem.

O Gráfico 2 expõe a variação do frete em relação à distância percorrida. Nota-se que para trajetos de até 500 quilômetros o transporte rodoviário é

vantajoso, enquanto que para trajetos superiores a 500 quilômetros, o transporte por cabotagem é mais vantajoso.

Gráfico 2 - Variação do frete em relação à distância percorrida em quilômetros



Fonte: EPL (2021)

Portanto, uma vez que o Brasil ainda não alcançou o ponto máximo de desenvolvimento na área de transporte, o presente trabalho visa apresentar a necessidade de investimentos em outros modos de transportes além do rodoviário e responder à seguinte pergunta de pesquisa:

Dentre as opções de transporte rodoviário e transporte de cabotagem, qual delas é mais atrativa para o transporte de cargas granel sólido em relação ao custo logístico total e ao nível de serviço oferecido?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Realizar estudo comparativo entre as modalidades de transporte rodoviário e de transporte por cabotagem para movimentação de carga granel sólido.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver modelo logístico para a comparação entre duas modalidades de transporte para a movimentação de carga granel sólido.
- Identificar *trade-offs* existentes nas atividades logísticas oriundas da escolha do modo de transporte.
- Apresentar os fatores que compõem o custo logístico total.
- Comparar os modos de transporte em termos dos custos logísticos e do nível de serviço.

1.4 METODOLOGIA

Em relação à abordagem, este é um trabalho quantitativo uma vez que almeja analisar e estabelecer relações entre variáveis para o cálculo do custo logístico total do transporte de carga granel sólido. Quanto à natureza, pode-se classificar o trabalho como uma pesquisa aplicada, pois visa responder a um problema de pesquisa específico. Em relação aos objetivos, é um trabalho exploratório, visto que fornece maior conhecimento em relação ao problema de pesquisa proposto.

A metodologia corresponde aos passos estabelecidos, visando à realização do trabalho. As etapas a serem seguidas para alcançar os objetivos enunciados e responder à questão de pesquisa são:

- a) Pesquisa bibliográfica sobre escolha modal, características operacionais e logísticas dos modos de transporte rodoviário e de transporte de cabotagem e componentes do custo logístico em fontes secundárias, em livros, artigos e teses. Serão utilizadas as bases *Web of Science* e *Google Acadêmico* a fim de levantar publicações relevantes sobre o tema;
- b) Levantamento das características operacionais dos modos de transporte rodoviário e do transporte de cabotagem;
- c) Identificação das vantagens e desvantagens do transporte rodoviário e do transporte de cabotagem;
- d) Definição dos indicadores representativos do nível de serviço logístico oferecido pelo transporte rodoviário e pela cabotagem;
- e) Levantamento dos tipos e da quantidade de carga que são transportadas, bem como o valor do frete e a distância percorrida pela carga em cada modo de transporte.
- f) Escolha de um mercado (origem/destino) para comparação entre as alternativas.
- g) Definição do período de tempo em que se fará a análise comparativa.
- h) Desenvolvimento do modelo logístico para comparar as duas modalidades de transporte em função dos custos e do nível de serviço;
- i) Avaliação dos *trade-offs* existentes entre as alternativas de modos de transportes;

- j) Aplicação do modelo logístico em um caso real para a comparação entre as modalidades.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em cinco capítulos:

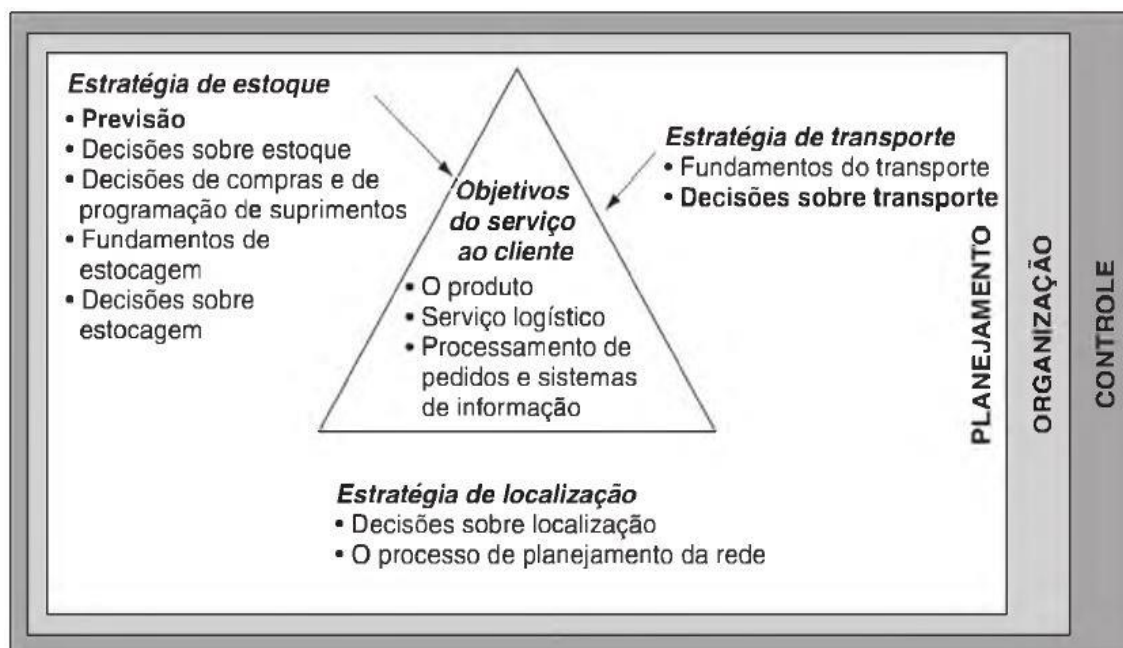
- I. O primeiro capítulo apresenta a introdução do trabalho, a justificativa, o objetivo geral e os específicos e a metodologia;
- II. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico relacionado à escolha modal, aos custos logísticos e ao nível de serviço, contextualiza, ainda, o transporte rodoviário e o transporte de cabotagem e aborda as vantagens e desvantagens de cada modo de transporte;
- III. O terceiro capítulo apresenta o método proposto para a realização do estudo comparativo entre as modalidades de transporte;
- IV. O quarto capítulo apresenta a aplicação da metodologia proposta em um mercado de transporte de carga granel sólido comparando o transporte rodoviário com o transporte por cabotagem;
- V. O quinto capítulo apresenta a conclusão do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MODELOS DE ESCOLHA MODAL

Para Ballou (2006), a escolha de um modo de transporte ou oferta de serviços depende de uma variedade de características dos serviços. Segundo o autor, as principais decisões em relação ao transporte são a seleção do modo, a roteirização das entregas e coletas, a programação dos veículos e a consolidação dos fretes. Essas decisões envolvem o planejamento, organização e controle e são baseadas em estratégia de transporte, estratégia de localização e estratégia de estoques, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 - Tomada de decisões logísticas



Fonte: Ballou (2006)

Nesse contexto, uma vez que cada modo de transporte apresenta características diferentes como o valor agregado a cada material a ser transportado e a segurança do transporte, McGinnis (1990) apresenta seis variáveis de decisão que influenciam a escolha modal:

- Tarifa dos fretes;
- Confiabilidade;
- Tempo em trânsito;

- Perdas, danos, processamento das respectivas reclamações e rastreabilidade;
- Considerações de mercado do embarcador;
- Considerações relativas aos transportadores.

Para Coyle *et al.* (2011), existem seis variáveis de decisão que devem ser consideradas no processo de escolha modal:

- Acessibilidade – corresponde à capacidade de alcançar a origem e o destino e ao fornecimento de serviço na rota específica;
- Capacidade – corresponde à quantidade de carga que pode ser movimentada em cada modo;
- Tempo em trânsito – consiste no tempo total despendido para mover as cargas da origem até o destino. Inclui o tempo necessário para atividades de coleta, terminal, manuseio, movimentação de linha e entrega ao cliente;
- Confiabilidade – representa a consistência do tempo de trânsito estimado para cumprir os prazos estabelecidos;
- Segurança – consiste na capacidade de proteger a carga de danos devido ao manuseio ou furtos durante o transporte;
- Custos – refere-se ao valor monetário para mover a carga da origem até o destino.

Kozan (2000) expõe os principais fatores que influenciam a eficiência de transferência dos terminais de contêineres e propõe um modelo de *network* que analisa o progresso do contêiner no sistema e fornece insumos de apoio à decisão. Nesse cenário, Kozan (2000) destaca os principais fatores que influenciam a escolha no modo de transporte:

- Tempos de trânsito gerais;
- Confiabilidade dos tempos de entrega;
- Custos.

Já Novaes *et al.* (2006), elaboraram uma metodologia para a modelagem da demanda de cargas de alto valor agregado, visando verificar, segundo a opinião de embarcadores, a importância relativa dos fatores na escolha dos modos de transporte. Nesse estudo, Novaes *et al.*, (2006) consideraram os seguintes fatores:

- Frete médio do transporte, desde a origem até o destino;

- Confiabilidade nos contratos e prazos estabelecidos;
- Tempo do transporte porta a porta;
- Intervalo para a disponibilidade do modo de transporte entre embarques sucessivos;
- Segurança contra o roubo de carga.

Danielis *et al.* (2005) estimaram a preferência dos gerentes de logística por atributos de serviços de transporte de cargas. As variáveis consideradas foram:

- Custo do frete;
- Tempo de viagem;
- Risco de atraso;
- Risco de perda e dano.

Os resultados do estudo de Danielis *et al.* (2005) indicaram certa preferência por atributos de qualidade quando comparados a atributos de custos. Dessa forma, uma vez que os gerentes estão dispostos a pagar pela qualidade nos serviços de transporte de carga devido à confiabilidade e à segurança, as políticas de transferência modal bem-sucedidas devem focar principalmente em aspectos de qualidade do modo de transporte a ser escolhido.

Tsamboulas *et al.* (2000) destacaram 14 variáveis que devem ser consideradas na decisão pelo modo de transporte:

- Custo de transporte;
- Tamanho do pedido;
- Regularidade do envio;
- Localização do armazém;
- Tradição histórica da empresa;
- Confiabilidade;
- Flexibilidade;
- Segurança;
- Sistemas operacionais fornecidos;
- Frequência dos serviços;
- Serviços logísticos adicionais;
- Sistemas de informação;
- Política de transporte;
- Política local.

Portanto, percebe-se que as pesquisas identificam critérios de escolha modal distintos e que, segundo as características de cada modo, o gerente ou o operador logístico (tomador de decisão) deve analisá-las previamente a fim de escolher qual modalidade apresenta melhor desempenho para determinado serviço de transporte.

2.2 CUSTOS LOGÍSTICOS

Os custos logísticos, para Freires (2000), são aqueles relativos às atividades de planejamento, implantação e controle de todos os materiais e serviços desde a entrada (*input*) até a saída (*output*) da empresa.

Assim, Ballou (2006) afirma que a frequência com que o sistema logístico de uma empresa precisa ser replanejado está associada aos custos relacionados ao suprimento físico e à distribuição física.

Embora regularmente os custos logísticos apareçam atrelados apenas aos custos de transporte e de frete, de acordo com Faria e Costa (2005), o custo logístico total corresponde à somatória dos elementos de custos individuais: custos de armazenamento e movimentação de materiais, custo de transporte (incluindo todos os modos ou operações intermodais), custos de embalagem, custos de manutenção, custos decorrentes de lotes, custos tributários, custos decorrentes do nível de serviço e custos da administração.

Dessa maneira, Ballou (1993) afirma que o custo total permite que os custos individuais exibam comportamentos conflitantes. Conseqüentemente, estes devem ser examinados de modo coletivo e adequadamente. De acordo com o autor, faz-se necessário considerar todos os fatores relevantes de custo em uma decisão particular e procurar a alternativa de mínimo custo total.

Kussano (2010) propôs e aplicou um modelo de cálculo de custo logístico total para o escoamento da soja brasileira para o mercado externo. A autora realizou um levantamento dos custos de transporte, armazenagem, estoque, transbordo, portuário e tributário. Este é o estudo que mais se aproxima do objetivo do presente trabalho.

Nesse contexto, Magee (1977) defende que não existem manuais de identificação de fatores de custos universais. É necessária uma avaliação dos custos consoante às circunstâncias nas quais são aplicados e na forma apropriada a cada problema específico.

Portanto, os fatores de custo apresentados neste trabalho são:

- Custo de transporte;
- Custo de estoque
- Custo de armazenagem;
- Custo de transbordo em terminais;
- Custo portuário;
- Custo tributário.

2.2.1 Custo de Transporte

O transporte é uma das principais funções logísticas. Bowersox e Closs (2001) declaram que o objetivo do transporte consiste em movimentar produtos de uma origem até um destino determinado, minimizando os custos financeiros, temporais e ambientais. Para esses autores, o custo de transporte compõe-se do pagamento pela movimentação entre a origem e o destino, somado às despesas relacionadas ao gerenciamento e à manutenção do estoque em trânsito.

Segundo Kussano e Batalha (2009), o custo de transporte é o mais significativo dentre os custos logísticos e o frete é o fator mais importante deste custo. Portanto, para calcular o custo de transporte, Ballou (2006) utiliza a seguinte equação:

$$C_{\text{Transporte}} = P \times d \times t'$$

Onde:

P é o peso ou quantidade ou volume considerado

d é a distância

t' é a tarifa que representa o valor em reais necessário para transportar uma unidade de carga por uma unidade de distância (R\$/ton.Km)

Além disso, Ângelo (2005) destaca a necessidade de analisar os custos do estoque em trânsito. Este custo faz alusão ao custo de oportunidade do capital imobilizado durante o período em que a mercadoria encontra-se em trânsito. Para calcular o custo de estoque em trânsito, Ballou (2006) dispõe da seguinte fórmula:

$$C_{\text{Etrânsito}} = j \times V \times E_{\text{tr}}$$

Onde:

j é o custo de manutenção de estoque ou o custo de oportunidade de capital (% ao ano)

V é o custo unitário do produto

Etr é o estoque em trânsito

Dessa maneira, o Etr pode ser obtido pela seguinte equação:

$$Etr = \frac{L \cdot t}{T}$$

Onde:

L é o tamanho do carregamento (lote de transporte)

t é o tempo médio de viagem

T é o intervalo entre viagens

Para calcular T, apresenta-se a equação a seguir:

$$T = \frac{365}{n} = \frac{365L}{Q'}$$

Onde:

n é o número de viagens por ano

Q' é a demanda anual de produtos a transportar

Ademais, Kussano (2010) ressalta a importância de também considerar o custo da perda de mercadoria durante o transporte. Ângelo (2005) destaca que o percentual de carga perdida depende do modo de transporte utilizado, do tipo de acondicionamento do produto, da idade do veículo e do estado da frota e das estradas. Segundo o autor, a perda de carga a granel quando se trata de transporte rodoviário realizado por veículos antigos pode gerar uma perda de 2% da carga. Por conseguinte, para calcular o custo da perda de mercadoria multiplica-se a quantidade perdida (%) pelo valor da mercadoria.

2.2.2 Custo de Estoque

O estoque consiste em toda variedade de materiais que uma empresa possui e opera no processo produtivo de produtos/serviços.

Nesse contexto, segundo Batalha e Sthalberg (1994), a formação de estoques em uma empresa para atender os picos de consumo é devido à defasagem entre o aumento da oferta de matéria-prima e o aumento do consumo de produtos acabados. Conseqüentemente, as empresas acumulam estoques, contudo não conseguem mensurar adequadamente os custos envolvidos.

Diante disso, Arozo (2002) afirma que o custo de estoque deve ser mensurado em função do custo de oportunidade deste estoque, ou seja, em relação ao retorno para a empresa caso o valor investido em estoque fosse aplicado de alguma forma.

Assim, Ballou (2006) expõe a seguinte equação para o cálculo do custo de estoque:

$$C_{\text{Estoque}} = j \times V \times EM$$

Onde:

EM é o estoque médio do produto ao longo do tempo

Nesse contexto, para obter o estoque médio total no sistema (EMs) pode-se utilizar a seguinte fórmula:

$$EMs = L \left(1 + \frac{t}{T} \right)$$

Arozo (2002) explica que o custo de estoque pode ser obtido multiplicando o valor do estoque pela taxa mínima de atratividade da empresa. Porém, como recorrentemente este valor é desconhecido, é comum utilizar como custo de oportunidade de capital as taxas do mercado financeiro como a SELIC (Sistema Especial de Liquidação e de Custódia) e o CDI (Certificado de Depósito Interbancário).

2.2.3 Custo de Armazenagem

Moura (1997) define a armazenagem como as atividades de um ponto destinado à guarda temporária e à distribuição de materiais. Assim, a armazenagem pode ser caracterizada como um agrupamento de atividades composto pelo recebimento, estocagem e distribuição de matérias-primas e produtos acabados ou semiacabados.

Segundo Lima (2000), os custos de armazenagem (aluguel, mão-de-obra, depreciação de instalações e equipamento de movimentação) são fixos e indiretos. O autor destaca que a parcela de custos fixos faz com que estes sejam proporcionais à capacidade instalada. Assim, independente do armazém está vazio ou cheio, considerável parcela dos custos de armazenagem continuará ocorrendo, pois os custos estão associados ao espaço físico.

Posto isso, Ballou (2006) utiliza a seguinte fórmula para calcular o custo de armazenagem, a saber:

$$C_{\text{Armazenagem}} = \text{taxa} \times Q \times T$$

Onde:

Taxa é o valor unitário da armazenagem

Q é a quantidade de produtos a armazenar

T é o tempo em que o produto permanece no armazém, ou seja, é o intervalo entre viagens

2.2.4 Custo de Transbordo

A intermodalidade é definida por Kussano (2010) como o meio pelo qual uma mercadoria é transportada da origem até o destino final utilizando diferentes modalidades de transporte. Embora seja uma definição simples, a intermodalidade envolve aspectos como infraestrutura adequada, relacionamento entre transportadores, condições dos veículos e necessidades dos usuários.

Ao utilizar mais de um meio de transporte, é inevitável o carregamento e o descarregamento dos veículos envolvidos. Consequentemente, a transferência de carga entre os modos gera o custo de transbordo.

Uma vez que os custos de transbordo podem ser elevados, Kussano (2010) defende que estes devem ser considerados na escolha do modo de transporte ou na opção pela intermodalidade. De acordo com Fajardo (2006), isto é resultado do custo de transbordo variar consoante o equipamento empregado, a mão de obra, a especificidade da operação e os custos das instalações.

Nesse contexto, Kussano e Batalha (2012) ressaltam que operações de transbordo implicam em perdas de mercadoria, em torno de 0,2% em volume. Assim, quanto maior a quantidade de manuseios e transbordos, maior é a taxa de perda. Consequentemente, isto resulta em custo de perda de mercadoria durante a operação de transbordo.

2.2.5 Custo Portuário

Devido à integração econômica moderna, Monié *et al.* (2006) evidenciam que as redes produtivas dependem cada vez mais do transporte marítimo. Este é responsável pela maioria dos fluxos de bens entre continentes.

Dessa forma, é possível destacar o fundamental papel dos portos durante o processo de movimentação de cargas e, por conseguinte, os custos portuários envolvidos.

De acordo com Kussano (2010), o custo portuário é composto por taxas sobre a utilização de infraestrutura portuária, utilização de infraestrutura terrestre e taxas de transbordo e armazenagem.

Nesse contexto, não apenas Nilson *et al.* (2006) afirmam que os custos portuários variam significativamente de uma empresa para a outra, mas também, Kussano (2010) relata a natureza negociável dos custos. Estes, assim como as taxas de transbordo e armazenagem, podem variar conforme diversos fatores, por exemplo, o volume. Portanto, para obter o custo portuário multiplica-se o valor da taxa pela quantidade transportada.

2.2.6 Custo Tributário

Haja vista a relevância dos tributos e dos custos logísticos na estrutura financeira da organização, Lunkes *et al.* (2013) justificam a necessidade de investimentos em pesquisas cujo objetivo seja a redução dos referidos custos.

Concomitantemente, Kussano (2010) também ressalta a importância de estudar os custos tributários devido às onerosas alíquotas brasileiras e à excessiva influência destes fatos em decisões estratégicas empresariais. Nesse aspecto, dentre os tributos de maior impacto nas operações logísticas e o mais oneroso, a autora aponta o ICMS (Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços).

Lunkes *et al.* (2013) definem o ICMS como um imposto de competência estadual incidente sobre operações relativas à circulação de mercadorias e prestação de serviços de transporte interestadual e intermunicipal e de comunicação.

Para tornar o recolhimento desse imposto mais justo, criou-se o Difal (Diferencial de Alíquota do ICMS), instrumento utilizado para balancear a arrecadação de imposto entre os estados. Segundo Weber *et al.* (2020), o Difal consiste em obter o valor de diferença entre a alíquota interestadual e a interna desse imposto. Portanto, para obter o custo tributário multiplica-se o valor do frete pela alíquota correspondente.

2.2.7 Custo logístico total

Consoante apresentado anteriormente, o custo logístico total é composto pelos custos de transporte, armazenagem, estoque, transbordo em terminais, portuários e tributários. O quadro 1 mostra uma síntese destes custos.

Quadro 1 – Composição do custo logístico total

| Categoria de custo logístico | | Definição | Observação |
|------------------------------|---------------------|---|--|
| Transporte | Frete | Custo da utilização dos diversos modos de transporte | Custo mais representativo no custo logístico total |
| | Estoque em trânsito | Custo de oportunidade de estoques no caminhão e no navio. Devido a filas e demoras para descarregar | Custo de estoque em trânsito = $j \times$ custo unitário da mercadoria \times estoque em trânsito |
| | Perda de Mercadoria | Custo da perda de mercadoria | Varia segundo a condição das vias, instalações e veículos. Multiplica-se a quantidade perdida (%) pelo valor da mercadoria |
| Estoque | Estoque em armazéns | Custo de oportunidade do produto durante o período de armazenamento | Custo de estoque = $j \times$ custo unitário da mercadoria \times estoque |
| Armazenagem | Taxa de armazenagem | Taxa cobrada pelos armazéns, terminais e portos para o armazenamento do produto | A taxa é negociável e varia conforme o tipo de produto, quantidade, cliente, tempo de armazenagem e outros. |
| Transbordo | Taxa de transbordo | Taxa cobrada pelos terminais e portos para transbordo do produto | A taxa é negociável e varia conforme o tipo de mercadoria, quantidade e outros. |
| Portuário | Taxas portuárias | Taxa para utilização de infraestrutura portuária | Taxas sobre a utilização de infraestrutura portuária, utilização de infraestrutura, terrestre, taxas de transbordo e armazenagem |
| Tributário | ICMS | Custo sobre o transporte interestadual | Multiplica-se o valor do frete pela alíquota correspondente |

Fonte: Adaptado de Kussano (2010)

2.3 NÍVEL DE SERVIÇO LOGÍSTICO

Belém Júnior (2007) afirma que o desempenho de uma empresa está relacionado com o nível de serviço prestado ao cliente, pois o consumidor é o

responsável por determinar se um produto ou serviço será aceito pelo mercado e por indicar o que o satisfaz.

O autor destaca que, por meio de pesquisas com diversos clientes é possível identificar os fatores que agregam valor aos serviços prestados. Dentre esses fatores, ele ressalta o transporte, pois sua principal função é de agregar valor ao serviço prestado haja vista que o processo de movimentação da mercadoria de um ponto a outro auxilia na formação de opinião do cliente sobre o nível de serviço oferecido.

Nesse aspecto, Belém Júnior (2007) afirma que o nível de serviço do transporte pode ser medido, por exemplo, pelo tempo de entrega ou pela porcentagem das ordens entregue dentro de certo prazo após o recebimento do pedido.

Para Ballou (2006), serviço ao cliente compreende os elementos que vão desde a disponibilidade do produto/mercadoria até a manutenção no pós-venda. No âmbito da logística, o autor explica que o serviço ao cliente consiste no resultado de todas as atividades logísticas ou dos processos da cadeia de suprimentos. Conseqüentemente, o projeto do sistema logístico estabelece o nível de serviços a ser oferecido para o cliente.

Nesse contexto, Ballou (2006) ainda enfatiza a importância da avaliação ao nível de serviço oferecido ao cliente uma vez que isso é fundamental para a rentabilidade da empresa, pois a receita gerada pelas vendas ao cliente e os custos do projeto do sistema logístico determinam os lucros obtidos.

Hagreaves *et al.* (2001) definem o serviço ao cliente como um produto que não se apresenta de modo concreto e é resultado de no mínimo uma atividade desempenhada entre o fornecedor e o cliente.

Christopher (1997) relaciona serviço ao cliente com a disponibilidade haja vista que não existe valor no produto ou serviço se o mesmo não estiver nas mãos do consumidor. Assim, uma vez que a disponibilidade está relacionada a vários fatores como frequência e confiabilidade da entrega, níveis de estoque e tempo consumido no ciclo de pedidos, o nível de serviço oferecido ao cliente consiste na interação de todos esses fatores.

Desse modo, Belém Júnior (2007) apresenta a mudança radical ocorrida no segmento de transportes no qual o conceito de comprar frete está sendo substituído por comprar serviço. Fato que impacta empresas envolvidas no setor,

porque implica a necessidade de proporcionar aos clientes maior eficiência e qualidade nos serviços prestados.

Portanto, segundo Bowersox *et al.* (2006), o atendimento ao nível de serviço definido entre as partes constitui um dos principais fundamentos da aplicação da logística integrada. O nível de serviço pode ser medido de acordo com a disponibilidade, com o desempenho operacional (velocidade, consistência, flexibilidade e recuperação de falhas) e com a confiabilidade (qualidade).

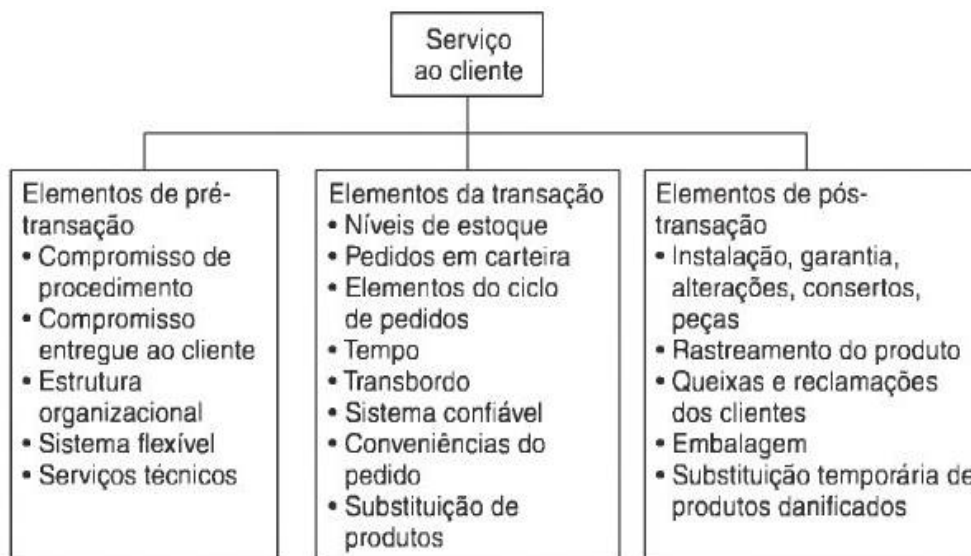
2.3.1 Elementos do serviço ao cliente

Ballou (2006) apresenta três elementos identificados pelo *National Council of Physical Distribution Management* que apresentam o momento em que se concretiza a transação fornecedor-cliente. Esses elementos são agrupados nas seguintes categorias:

- 1) Elementos de pré-transação: propiciam um ambiente favorável para um bom serviço ao cliente e demonstram um compromisso formal sobre as modalidades do serviço permitindo ao cliente conhecer o tipo de serviço que lhe será prestado e a política logística da empresa;
- 2) Elementos de transação: resultam diretamente na entrega do produto ao cliente como, por exemplo, o estabelecimento do nível de estoque, a seleção da modalidade de transporte e a determinação dos métodos de processamento de pedidos. Por conseguinte, esses elementos refletem no tempo de entrega, na exatidão das especificações da encomenda, nas condições das mercadorias e na disponibilidade de estoque;
- 3) Elementos de pós-transação: consistem nos serviços necessários para dar suporte ao produto em campo como, por exemplo, assegurar aos clientes a reposição de mercadorias danificadas, providenciar a devolução de embalagens e o rápido atendimento às reclamações.

Esses elementos podem ser observados na figura 8.

Figura 8 – Elementos do serviço ao cliente



Fonte: Ballou (2006)

2.4 TRADE-OFFS LOGÍSTICOS

Amaral e Guerreiro (2014) definem *trade-offs* como trocas compensatórias entre o aumento em algum custo logístico e a diminuição em outro custo logístico e/ou o aumento no nível de serviço ao cliente. Apenas o conhecimento teórico dos *trade-offs* não é suficiente, é necessário empregá-lo na análise das inúmeras possibilidades de formulação das soluções.

Os autores citam como exemplo a centralização das instalações de uma empresa. Isso auxilia na redução dos custos de armazenagem, contudo torna moroso o planejamento, a coordenação e a execução de um alto nível de serviço. Já uma grande quantidade de instalações amplia a cobertura de mercado e o nível de serviço, porém aumenta os custos logísticos associados à armazenagem enquanto reduz os custos de transporte.

Posto isso, Amaral e Guerreiro (2014) expõem o comportamento desigual dos custos logísticos uma vez que o aumento no custo de uma atividade logística pode ser compensado pelo aumento nas receitas ou pela redução no custo de outra atividade, e vice-versa. Além disso, relatam que visando atingir o custo total ótimo, não se deve recorrer a técnicas normais de corte, pois a eliminação individual de um custo pode conduzir ao surgimento ou ao aumento de outros custos.

Por isso, é necessário analisar adequadamente os cenários e os fatores envolvidos com objetivo de buscar um ponto de equilíbrio no qual os custos totais sejam minimizados e o nível de serviço ao cliente seja aperfeiçoado.

2.5 TRANSPORTE RODOVIÁRIO

Segundo Junior (2002), a estratégia de implantação de uma política de industrialização por parte do governo brasileiro fez a indústria automobilística brasileira ocupar um lugar de destaque. Assim, deu-se a expansão da infraestrutura rodoviária e, conseqüentemente, favoreceu o desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil.

Nesse contexto, o transporte rodoviário constituiu-se como o principal meio de transporte de pessoas e de cargas. Dessa maneira, Ribeiro e Ferreira (2002) destacam que este tipo de transporte apresenta facilidade de acesso a vários pontos do território nacional e oferece um serviço de porta a porta aos usuários. Além disso, de acordo com Oliveira (2007), o transporte rodoviário possibilita a integração entre regiões distantes e possui disponibilidade para embarques imediatos. Dessa forma, é fundamental para realização da multimodalidade e da intermodalidade.

Segundo Mendonça e Keedi (1997), este tipo de transporte é o mais utilizado para transportar mercadorias em viagens de curta e média distância uma vez que é o modo mais flexível e ágil para o acesso às cargas.

Nesse cenário, Rocha (2015) ressalta que, por possuir preço de frete superior aos demais modos, o transporte rodoviário é adequado para mercadorias de alto valor ou perecíveis, produtos acabados ou semiacabados.

Contudo, embora seja a principal modalidade de transporte, a CNT (2019b) evidencia que o transportador rodoviário ainda enfrenta obstáculos para ofertar seus serviços, pois a infraestrutura rodoviária brasileira é escassa, pouco densa e de má qualidade. Nesse cenário, a Pesquisa CNT de Rodovias 2017 classificou 61,8% da extensão de rodovias pavimentadas como regular, ruim ou péssima.

Posto isso, para o Banco de Informações e Mapas de Transportes (BIT) (2013) do Ministério dos Transportes, as principais características do transporte rodoviário de carga são:

- Adequação ao transporte para curtas e médias distâncias;

- Baixo custo de implantação;
- Alto custo de manutenção;
- Forte poluente e causador de impacto ambiental;
- Cargas suscetíveis a roubos e avarias;
- Serviço de entrega de porta a porta;
- Maior flexibilidade com grande extensão da malha;
- Velocidade moderada;
- Altos custos para grandes distâncias;
- Tempo de entrega confiável;
- Baixa capacidade de carga com limitação de peso e volume;
- Permeabilidade a todos os estados brasileiros.

2.5.1 Vantagens e Desvantagens do Transporte Rodoviário

De acordo com Ballou (2006), as vantagens inerentes do transporte rodoviário são: o serviço porta a porta, sem necessidade de carga ou descarga entre origem e destino, a frequência e disponibilidade do serviço, a velocidade, a comodidade inerente ao serviço porta a porta, a rápida velocidade de entrega e a confiabilidade para fretes de cargas frágeis.

Além disso, Ballou (2006) destaca que este transporte é capaz de oferecer serviços contratados. Assim, os transportadores não são obrigados a servir todos os embarcadores. Estes fazem um arranjo contratual com objetivo de contratar o serviço necessário a atender uma demanda específica do seu negócio sem incorrer nas despesas de uma frota própria de caminhões.

Em contraponto, para Rocha (2015), o transporte rodoviário também apresenta desvantagens, como: o elevado valor do frete, o maior tempo dispendido ao percorrer longa distância e conseqüentemente maior poluição do ar, a possibilidade de extravio de carga devido a roubos, a alta possibilidade de acidentes nas estradas, a menor capacidade de cargas com limitação de volume e peso e a grande quantidade de engarrafamentos.

2.6 CABOTAGEM

A cabotagem consiste no transporte marítimo realizado entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou a combinação de via

marítima e vias navegáveis interiores, segundo a Lei nº 9.432, de 08 de janeiro de 1997.

Para Junior (2019), o transporte marítimo de cabotagem é responsável pela articulação dos portos localizados em um mesmo país. Embora a grande dimensão territorial brasileira e sua extensa costa litorânea tornem as condições propícias à cabotagem, ainda há uma predominância exacerbada do transporte rodoviário, pois, em alguns casos, o local de entrega só pode ser acessado por meio rodoviário.

Nesse contexto, visando aperfeiçoar o processo de movimentação e redução de custos, podem-se combinar diferentes modos de transporte. Assim, o transporte de cabotagem pode ser utilizado em complementariedade aos demais modos para garantir ganhos de eficiência na economia brasileira, pois não possui tamanha capilaridade.

Nesse cenário, a Pesquisa CNT do Transporte Aquaviário (2013) identificou que muitas empresas utilizavam o transporte rodoviário para complementar os trajetos de entrega dos produtos visto que o transporte de cabotagem não contemplava o trajeto porta a porta. Dessa forma, 96,7% dos entrevistados utilizam o transporte rodoviário, 15,2% o transporte ferroviário, 12% a navegação de longo curso e 8,7% a navegação interior (fluvial). Além disso, a pesquisa indicou que a cabotagem apresenta vantagem competitiva em relação às tarifas. Quando comparada aos demais modos, a cabotagem é mais adequada para o transporte principalmente de produtos de grandes volumes a uma longa distância.

Ono (2001) ressalta que a viabilidade do segmento de cabotagem depende: do nível de serviço oferecido ao usuário, da qualidade do serviço, da confiabilidade, da regularidade e continuidade, do *transit-time* e da frequência compatível com a carga e com fretes competitivos.

Assim, para Júnior (2019), os fatores que prejudicam o avanço da cabotagem no Brasil estão relacionados à cultura do uso do transporte rodoviário, ao subsídio do óleo diesel e à possibilidade do transporte porta a porta pelo caminhão.

Posto isso, para o BIT (2013), as principais características do transporte marítimo de carga são:

- Capacidade de transportar grandes volumes de carga;
- Baixo custo de transporte para grandes distâncias;

- Possibilidade de transporte de diferentes categorias de carga;
- Transporte lento.

2.6.1 Vantagens e Desvantagens da Cabotagem

A navegação de cabotagem, comparativamente aos demais modos de transporte, possui consideráveis vantagens operacionais, econômicas e ambientais. Segundo Teixeira *et al.* (2018), a capacidade operacional de movimentação de cargas (elevada capacidade de carregamento por veículo) acarreta ganhos de escala. Estes ganhos resultam em vantagens econômicas, como: menor consumo de combustível por tonelada transportada, menor custo por tonelada-quilômetro transportado e reduzido registro de acidentes.

Além disso, os autores destacam que como o quantitativo de acidentes é baixo consequentemente menores são os custos de apólices de seguro tanto para as cargas, quanto para as embarcações e que o menor consumo de combustível por tonelada-quilômetro transportado acarreta menor emissão de poluentes, um benefício ambiental.

Para transportar a mesma quantidade de carga de 1 embarcação de cinco mil toneladas, haveria necessidade de 72 vagões de 70 toneladas cada ou 143 carretas de 35 toneladas cada como pode ser observado na Figura 8.

Figura 9 - Capacidade de carga



Fonte: Pesquisa CNT do Transporte Aquaviário (2013)

De acordo com Teixeira *et al.* (2018), o transporte de cabotagem é o que apresenta menor custo médio considerando o custo total de transporte de carga,

quando comparado aos modos ferroviário e rodoviário, conforme pode ser observado na Tabela 4.

Tabela 4 - Comparação entre os modos, segundo indicadores de eficiência

| Indicador | Modal cabotagem | Modal ferroviário | Modal rodoviário |
|--|-----------------------|--|----------------------|
| Unidades equivalentes | Embarcação de 6.000 t | 2,9 comboios Hopper, 86 vagões de 70 t | 172 carretas de 35 t |
| Consumo médio de combustível para transportar uma tonelada por mil quilômetros | 4,1 litros | 5,7 litros | 15,4 litros |
| Emissão de gás carbônico (gCO ₂ /TKU) | 20,0 | 23,3 | 101,2 |
| Custo médio de transporte, carga geral por 1.000 km (R\$/t)* | R\$ 50,74 | R\$ 67,54 | R\$ 239,74 |

Fonte: Teixeira *et al.* (2018), com base na Pesquisa CNT do transporte aquaviário – Cabotagem 2013

Embora esse tipo de transporte apresente inúmeras vantagens, para Teixeira *et al.* (2018), é necessário identificar também as restrições que dificultam o uso da cabotagem, como: a ineficiência portuária, as elevadas tarifas incidentes no setor, a demasiada burocracia nas operações portuárias, elevado tempo de espera para atracação, reduzida quantidade de estaleiros competitivos, o complexo sistema de tributação, a pequena quantidade de rotas regulares (baixa frequência) e os gargalos relacionados às precárias infraestruturas portuária e de integração intermodal.

Além disso, Ono (2001) destaca outros fatores desfavoráveis para esse tipo de transporte: a falta de regularidade e frequência dos navios. Para o autor, é indispensável que o serviço ofereça condições para os clientes realizarem uma programação do transporte e, para isso, é necessário haver continuidade dos serviços oferecidos. Além da regularidade, é preciso oferecer uma frequência compatível com o fluxo de cargas que se deseja transportar. A ausência desses aspectos prejudica o crescimento do transporte brasileiro de cabotagem.

2.7 COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MODOS

Segundo Coyle (2011), existem cinco modos de transporte disponíveis para a movimentação de cargas (rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário) e cada um deles tem características específicas. Dessa forma, a escolha modal requer a consideração de diversas variáveis operacionais e de serviço, tais como: acessibilidade, capacidade de carga, tempo de trânsito, confiabilidade, segurança e custo. Esses são os principais determinantes na escolha de um modo de transporte. O Quadro 2 apresenta as características de quatro dos cinco modos existentes.

Quadro 2 - Características dos modos de transporte

| MODO | FORÇAS | LIMITAÇÕES | PAPEL PRINCIPAL | CARACTERÍSTICAS DOS PRODUTOS |
|------------|--|---|---|--|
| Rodoviário | Acessibilidade; Rápido e versátil; Atendimento ao cliente. | Capacidade limitada; Alto custo. | Mover cargas menores para mercados locais, regionais e nacionais. | Produtos acabados de alto valor e baixo volume. |
| Ferrovário | Alta capacidade; Baixo custo. | Acessibilidade; Serviços inconsistentes; Taxa de danos. | Mover matéria-prima de baixo valor para longas distâncias. | Matéria-prima de baixo valor e alto volume. |
| Aeroviário | Velocidade; Proteção de frete; Flexibilidade. | Acessibilidade; Alto custo; Baixa capacidade. | Mover cargas urgentes de frete doméstico e cargas menores de frete internacional. | Produtos acabados de alto valor, baixo volume e sensíveis ao tempos. |
| Aquaviário | Alta capacidade; Baixo custo; Capacidade internacional. | Lentidão; Acessibilidade. | Mover grandes cargas domésticas por meio de rios, canais e grandes cargas de frete internacional. | Matéria-prima de baixo valor, commodities a granel e produtos acabados em contêineres. |

Fonte: Adaptado de Coyle (2011)

Segundo a EPL (2021b), o transporte aquaviário, mais especificamente o de cabotagem, custa em média 60% menos que o modo rodoviário e 40% menos que o ferroviário. Os principais fatores que corroboram com essa diferença são: maior segurança no transporte (risco praticamente zero de roubo de carga), menor risco de avarias na carga, maior escala para transporte, simplificações trabalhistas, alterações tributárias, dentre outros. O Quadro 3 apresenta as vantagens e desvantagens entre os modos de transporte ferroviário, hidroviário e rodoviário.

Quadro 3 - Análise de vantagens, desvantagens e custos em diferentes modos

| Modal | Vantagens | Desvantagens | Custos |
|--------------------|--|--|--|
| Rodoviário | <ul style="list-style-type: none"> - Venda e entrega porta a porta, - Agilidade nas entregas, - Atingem praticamente qualquer lugar no território nacional. | <ul style="list-style-type: none"> - Maior poluidor ao meio ambiente, - Menor capacidade de carga, - Congestionamento das estradas. | <ul style="list-style-type: none"> - Custos fixos os mais baixos dos modais de transporte, - Custos elevados na infraestrutura. - Manutenção preventiva nos caminhões e equipamentos. |
| Ferrovário | <ul style="list-style-type: none"> -Transporta grande volume de carga em longas distancias, - Não existem congestionamentos, - Mais seguro, econômico, - Menos poluente ao meio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> - Baixa velocidade de transporte, - Maior tempo na entrega dos produtos, - Não tem opção para mudar a rota de entrega. | <ul style="list-style-type: none"> - Custos fixos elevados - Custos variáveis baixos, - Custo total de operação é fixo. |
| Hidroviário | <ul style="list-style-type: none"> -Transporta grande volume de cargas a longas distancias, - Movimentação internacional de cargas, - Grande volume de cargas com baixo custo variável, - Menos poluente ao meio ambiente. | <ul style="list-style-type: none"> - Baixa velocidade de transporte, - Maior tempo na entrega dos produtos, - Tempo elevado na descarga dos produtos. | <ul style="list-style-type: none"> - Custo de percurso baixo, - Alto custo nos terminais, - Custo operacional baixo. |

Fonte: SARAIVA e MAEHLER (2013)

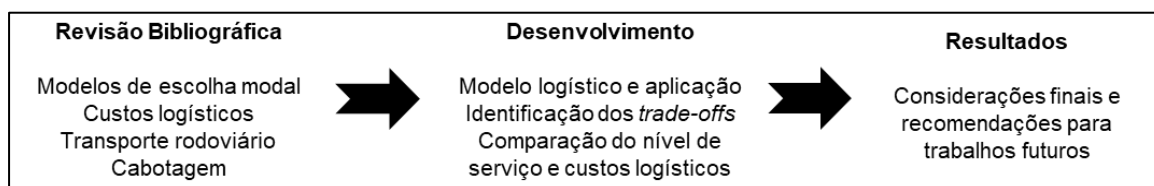
3 METODOLOGIA

Este é um trabalho quantitativo que visa analisar e estabelecer relações entre variáveis para calcular o custo logístico total do transporte de carga granel sólido por rodovia e por cabotagem e, conseqüentemente, indicar a melhor escolha modal de transporte. Assim, consiste em uma pesquisa aplicada de caráter exploratório cujo objetivo é responder um problema de pesquisa específico e conceder maior conhecimento em relação ao problema de pesquisa proposto.

De acordo com Gil (2008), a principal finalidade de pesquisas exploratórias é desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias levando em consideração tanto a formulação de problemas precisos quanto hipóteses pesquisáveis para estudos futuro.

As etapas são representadas a seguir na figura 9:

Figura 10 – Etapas do trabalho



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A princípio, uma pesquisa bibliográfica foi realizada em fontes secundárias, livros, artigos e teses. A pesquisa permitiu alicerçar conhecimento referente à base teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho.

Uma vez que o trabalho propõe um estudo comparativo entre duas modalidades de transporte em termos dos custos logísticos e níveis de serviços, fez-se necessário desenvolver um referencial teórico não somente sobre escolha modal e os diferentes critérios existentes para esta escolha, mas também sobre a composição do custo logístico total, os níveis de serviço e *trade-offs* envolvidos e as características operacionais dos modos de transporte rodoviário e de cabotagem.

A pesquisa bibliográfica forneceu informações imprescindíveis para o desenvolvimento dos objetivos propostos neste trabalho. Neste trabalho, utilizam-se dados obtidos por meio de fontes secundárias, livros, artigos e teses. Dessa forma, os resultados serão calculados e analisados conforme as informações obtidas, permitindo a comparação entre os modos rodoviário e cabotagem.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta uma aplicação do modelo logístico para a comparação entre duas modalidades de transporte na movimentação de carga granel sólido em termos dos custos logísticos e do nível de serviço. Com essa finalidade, estudou-se o custo logístico total de dois fluxos de transporte de soja, um tipo de carga granel sólido. Considerou-se o escoamento da produção de soja ao término da colheita.

4.1 MOVIMENTAÇÃO DA CARGA

Kussano (2010) destaca que o fluxo de comercialização da soja é representado por duas etapas. A primeira etapa consiste em toda a movimentação existente ainda dentro da fazenda como produção, colheita e armazenamento. Já a segunda etapa é representada pelo transporte da soja fora da fazenda. Este pode ocorrer de diversas maneiras, porém o presente trabalho restringe a análise da movimentação da soja colhida a dois casos específicos:

Fluxo 1: A soja colhida é transportada do porto de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul (RS), até o Terminal Ponta da Montanha em Barcarena, no Pará (PA), por meio do uso de navio graneleiro;

Fluxo 2: A soja colhida é transportada do porto de Porto Alegre, no RS, até o Terminal Ponta da Montanha em Barcarena, no PA, por meio do uso exclusivo de caminhão.

Portanto, faz-se necessário destacar que o transporte da soja colhida das cidades produtoras (origem) até o porto de Porto Alegre, pelo modo rodoviário, é desconsiderado nas análises.

4.2 PREÇO DA SOJA NO MERCADO

Devido à existência de diversos gargalos logísticos, Kussano (2010) afirma que os produtores de soja são impulsionados a escoarem a produção logo após a colheita. Embora a safra da soja concentre-se nos meses de março a maio, este trabalho considera, para os cálculos de custo logístico, a quantidade total de soja transportada entre o porto de Porto Alegre e o Terminal Ponta da Montanha durante o ano de 2020.

No Anuário da ANTAQ (2021) consta que foram transportadas, em 2020, 16.884,97 toneladas de soja entre a origem e o destino considerados.

A *Chicago Board of Trade* (CBOT), Bolsa de Chicago, é a responsável pelo preço futuro da soja. Assim, de acordo com o preço cotado pela CBOT em 2020, calculou-se o preço médio da soja utilizado neste trabalho. Este é apresentado na tabela 5.

Tabela 5 – Precificação da soja

| Precificação da soja | | |
|--|----------|------------------------|
| Descrição | Valor | Unidade |
| A cotação da soja | 8,54 | (US\$/ <i>Bushel</i>) |
| O <i>bushel</i> de soja corresponde | 27,216 | Kg |
| Fator de conversão de bushel para tonelada | 36,74 | - |
| Cotação do dólar | 5,1558 | R\$ |
| Valor por tonelada de soja | 1.618,38 | R\$/t |
| Valor da saca (60kg) | 97,10 | R\$ |

Fonte: CME Group (2021). Elaborado pela autora

A cotação média da soja em Chicago, no período referido, foi US\$8,54 *por bushel*. O *bushel* é equivalente a 27,216 quilogramas. Assim, considerando que, segundo o Banco Central (2021), a taxa de câmbio comercial média real/dólar americano foi R\$5,1558/US\$1, pode-se calcular que o valor por tonelada de soja foi R\$1618,38 e o valor da saca de 60 quilogramas foi R\$97,10.

4.3 CUSTO LOGÍSTICO TOTAL

Para calcular o custo logístico total foram considerados os seguintes custos de: transporte, estoque em trânsito, perda de mercadoria, estoque, armazenagem, portuário e tributário (ICMS).

Posto isso, não foi considerado o custo de transbordo, pois uma vez que o percurso analisado inicia-se no porto de Porto Alegre e se finda no Terminal Ponta da Montanha em Barcarena, não há transbordo.

O fluxo 1 corresponde ao trajeto Porto Alegre – Barcarena percorrido por navio graneleiro. Segundo o software de servidor e serviços de sistema de informação geográfica online, ArcGis, a distância entre os pontos de origem e destino é de 5.699,55 quilômetros. Segundo a Virtual Expogroup (2021), a velocidade média de cruzeiro de um navio graneleiro é 28 Km/h.

Conseqüentemente, calcula-se que o tempo de transporte é de 8 dias e 28 minutos (8,48 dias).

O dado de frete de cabotagem foi fornecido pela EPL e foi considerado o frete médio para transporte de carga tipo granel em 2020. O valor do frete foi de R\$163,18 por tonelada.

O fluxo 2 corresponde ao trajeto Porto Alegre – Barcarena percorrido por caminhão. De acordo com o serviço de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite, *Google Maps*, o trajeto escolhido para análise neste estudo foi o caminho percorrido ao longo da BR – 153 e da Rodovia Transbrasiliana. A distância entre os pontos de origem e destino é de 3.822 quilômetros. A velocidade média do caminhão carregado é de 69,49 Km/h. Conseqüentemente, calcula-se que o tempo de transporte é de 2 dias e 17 minutos de viagem (2,29 dias).

O dado de frete rodoviário foi obtido seguindo a tabela de fretes disponibilizada pelo Guia do TRC (Transporte Rodoviário de Carga) para carga lotação. A consulta na tabela considerou que se utilizam caminhões graneleiros com capacidade de transportar um lote de 30 toneladas e a faixa de distância considerada foi de 3801 a 4000 quilômetros. Assim, o valor do frete médio em 2020 foi de R\$612,59 por tonelada.

Os dados expostos anteriormente estão apresentados na tabela 6.

Tabela 6 – Valores de frete e distância

| | Fluxo 1 - Aquaviário | Fluxo 2 - Rodoviário |
|----------------------------|----------------------|----------------------|
| Origem | Porto Alegre | Porto Alegre |
| Destino | Barcarena | Barcarena |
| Distância (km) | 5.699,55 | 3.822,00 |
| Tempo de transporte (dias) | 8,48 | 2,29 |
| Velocidade (km/h) | 28,00 | 69,49 |
| Frete (R\$/t) | R\$163,18 | R\$612,59 |
| R\$/t.km (R\$/TKU) | 0,03 | 0,16 |

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela autora

4.3.1 Custo de transporte

Conforme apresentado anteriormente, sabe-se que foram transportadas 16.884,97 toneladas de soja entre a origem e o destino mencionados. Nesse contexto, utilizando-se a fórmula de Ballou (2006) apresentada no referencial para calcular o custo de transporte, obteve-se que para o fluxo 1, considerando a distância de 5.699,55 quilômetros e uma tarifa de R\$0,03/t.Km, o custo foi de

R\$2.887.101,92. Já para o fluxo 2 considerando a distância de 3.822 quilômetros e uma tarifa de R\$0,16/t.Km, o custo foi de R\$10.325.496,85.

Portanto, assim como exposto por Rocha (2015), o transporte rodoviário apresenta como desvantagens o elevado valor de frete quando comparado a outro modo de transporte. Consequentemente, é possível verificar que este apresenta o maior custo por quilômetro.

Custo de estoque em trânsito:

Para calcular o custo de oportunidade do estoque em trânsito fez-se necessário primeiramente escolher a taxa de oportunidade. Kussano (2010) afirma que o Certificado de Depósito Interbancário (CDI) é a taxa utilizada pelo mercado financeiro para remunerar investimentos. Nesse contexto, como se o produtor fosse aplicar o dinheiro correspondente ao preço de mercado do seu estoque, o CDI seria utilizado como base para rentabilizar o capital investido.

Dessa forma, o CDI foi utilizado como taxa para o cálculo do custo de oportunidade. O rendimento acumulado do ano foi de 2,75% em 2020, segundo o Banco Central.

Para calcular o custo do estoque em trânsito do fluxo 1, é necessário ressaltar que, de acordo com a ANTAQ (2021), houve sete viagens entre a origem e o destino estudados neste trabalho em 2020. Uma vez que a demanda anual de produtos a transportar foi de 16.884,97 toneladas, o lote foi de 2.412,14 toneladas. Consequentemente, calculou-se que o intervalo entre as viagens de navio foi de 52,14 dias. Assim, o estoque em trânsito em uma viagem de nove dias foi de 416,34 toneladas e o custo desse estoque foi de R\$18.529,40.

Já para calcular o custo do estoque em trânsito do fluxo 2, considerou-se um lote de 30 toneladas. Em seguida, obteve-se que o intervalo entre as viagens de caminhão para transportar a mesma quantidade demandada de produto foi de 0,65 dias. Dessa maneira, o estoque em trânsito em uma viagem de três dias foi de 138,46 toneladas e o custo desse estoque foi de R\$6.162,22.

Custo de perda de mercadoria:

De acordo com Ângelo (2005), os índices de perda de carga são 0,75% para transporte rodoviário de longa distância, 0% para transporte hidroviário e 0,2% no terminal portuário. Assim, haja vista a movimentação portuária existente no fluxo 1 para carregamento e descarregamento do navio, considerou-se que são perdidos 0,2% do total da carga. Por conseguinte, o custo de perda foi de R\$54.652,60. Já

no fluxo 2, uma vez que são perdidos 0,75% do total de carga, o custo de perda foi de R\$204.947,23

4.3.2 Custo de estoque

Segundo Arozo (2002), o custo de estoque deve ser mensurado em função do custo de oportunidade deste estoque, ou seja, qual seria o retorno para a empresa caso o valor investido em estoque fosse aplicado de alguma outra maneira.

Dessa forma, assim como o rendimento acumulado do CDI em 2020 foi utilizado como taxa para o cálculo do custo do estoque em trânsito, esse foi utilizado para o cálculo do custo de estoque.

Para calcular o custo de estoque, é necessário calcular previamente o estoque médio total no sistema.

Nesse contexto, para o fluxo 1 foram considerados lotes de 2.412,14 toneladas e para o fluxo 2 foram considerados lotes de 30 toneladas. Conseqüentemente, pode-se calcular que o estoque médio total do fluxo 1 foi de 2828,48 toneladas enquanto que do fluxo 2 foi de 168,78 toneladas. Nesse aspecto, considerando o preço da tonelada da soja e o acumulado do CDI, os custos de estoque obtidos dos fluxos 1 e 2 foram de R\$125.882,78 e de R\$7.511,63 ao ano respectivamente.

4.3.3 Custo de armazenagem

No âmbito da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) (2017), a armazenagem é uma área estratégica na logística de abastecimento e não representa apenas a guarda e a conservação de produtos, mas também envolve ações e articulações de estudo, planejamento e administração dos armazéns.

Uma vez que o custo de armazenagem é fixo, indireto e depende da capacidade instalada, Lima (2020) ressalta a importância de considerá-lo no cálculo do custo logístico.

Dessa forma, segundo a tabela de tarifas para unidades armazenadoras de ambiente natural da Conab, o armazenamento e/ou reserva de espaço para produtos a granel custa R\$2,71 por tonelada (tarifa quinzenal cível infracionada – tarifa cobrada a cada 15 dias de armazenagem de acordo com o tipo de produto,

caso o produto permaneça no armazém por período inferior a 8 dias, é cobrado o valor referente a metade da tarifa).

Haja vista que o intervalo entre viagens para o fluxo 1 é de 52,14 dias, foi considerado que o estoque médio total é armazenado por quatro quinzenas no armazém. Assim, o custo de armazenamento do fluxo 1 foi de R\$1.598.650,11. Já para o fluxo 2, como o intervalo entre viagens é de 0,65 dias (15,6 horas) e são realizadas aproximadamente duas viagens por dia, foi considerado que o estoque médio total é armazenado por dois dias a uma tarifa de R\$1,36 por tonelada. Consequentemente, o custo de armazenamento calculado do fluxo 2 é R\$148,65.

4.3.4 Custo portuário

As instalações brasileiras portuárias marítimas e fluviais são precárias. Lima *et al.* (2005) afirmam que estas instalações não permitem integrações satisfatórias e/ou convenientes com outros modos de transporte, consequentemente, são significativas as perdas físicas de grãos no trajeto entre a fazenda e o porto e decorrentes da falta de infraestrutura portuária e de armazenamento.

Os autores ressaltam a complexidade da realidade portuária diante dos problemas logísticos que envolvem o escoamento de grãos. Estes obstáculos logísticos justificam o escoamento da produção logo após a colheita.

Kussano (2010) relata que os custos portuários abrangem os custos de movimentação da carga no porto, as taxas de transbordo e de armazenagem. Estes custos são negociáveis e variam recorrentemente.

Por conseguinte, este trabalho considera como custo portuário médio o valor utilizado por Kussano (2010). O valor ficou estabelecido em R\$20,00/tonelada e engloba a utilização da infraestrutura portuária, transbordos e armazenagem para formação de carga. Portanto, o custo portuário do fluxo 1 para transportar a quantidade demandada de produto foi de R\$337.699,40.

4.3.5 Custo tributário

Neste trabalho os custos são referentes às atividades logísticas. Posto isso, o cálculo do custo tributário considerou apenas o custo do ICMS em relação ao valor do frete e não em relação ao valor do produto.

Nesse contexto, por tratar-se de transporte interestadual de carga, é necessário considerar o Difal para o cálculo do custo tributário. Weber *et al.* (2020) afirmam que o Difal consiste na diferença entre a alíquota do ICMS interestadual e a interna do estado de destino.

A alíquota do ICMS interestadual entre o Rio Grande do Sul e o Pará é 7% e a alíquota do ICMS interna do Pará é 17%. Desse modo, o Difal é 10%. Conseqüentemente, pode-se calcular o custo tributário a partir da multiplicação do Difal pelo frete de cada modo de transporte. Logo, os custos tributários do fluxo 1 e do fluxo 2 são R\$275.528,94 e R\$1.034.356,38 respectivamente.

Os dados expostos anteriormente e os valores dos custos calculados estão apresentados na tabela 7.

Tabela 7 - Custo tributário

| Custos tributários | Fluxo 1 - Aquaviário | Fluxo 2 - Rodoviário |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Origem | Porto Alegre | Porto Alegre |
| Destino | Barcarena | Barcarena |
| ICMS (%) RS - PA | 7% | |
| ICMS (%) PA - PA | 17% | |
| Difal (%) | 10% | |
| Custo tributário (por tonelada) | R\$16,32 | R\$61,26 |

Fonte: Dados da pesquisa. Elaborado pela autora

4.3.6 Custo Logístico Total

Realizado o cálculo do custo logístico total, conforme apresentado na tabela 8, pode-se observar que o fluxo 2 é mais caro que o fluxo 1. O resultado é compatível ao estimado pela EPL (2021b) apresentado no referencial teórico, no qual o transporte aquaviário, mais especificamente o de cabotagem, custa em média 60% menos que o modo rodoviário. Segundo os cálculos, o custo do transporte por cabotagem é 54,24% mais barato que o rodoviário.

Tabela 8 – Custo logístico total do transporte de soja

| | Fluxo 1 - Aquaviário | Fluxo 2 - Rodoviário |
|------------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Origem | Porto Alegre | Porto Alegre |
| Destino | Barcarena | Barcarena |
| Distância (km) | 5.699,55 | 3.822,00 |
| Tempo de transporte (dias) | 8,48 | 2,29 |
| Velocidade (km/h) | 28,00 | 69,49 |
| Frete (R\$/t) | R\$163,18 | R\$612,59 |
| R\$/t.km (R\$/TKU) | 0,03 | 0,16 |
| Custo de transporte (R\$) | R\$2.887.101,92 | R\$10.325.496,85 |
| Custo de estoque (R\$) | R\$125.882,78 | R\$7.511,63 |
| Custo de estoque em trânsito (R\$) | R\$18.529,40 | R\$6.162,22 |
| Custo de armazenagem (R\$) | R\$1.598.650,11 | R\$148,65 |
| Custo de perda de carga (R\$) | R\$54.652,60 | R\$204.947,23 |
| Custo portuário (R\$) | R\$337.699,40 | - |
| Custo tributário (R\$) | R\$275.528,94 | R\$1.034.356,38 |
| CUSTO LOGÍSTICO TOTAL | R\$5.298.045,14 | R\$11.578.622,97 |

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

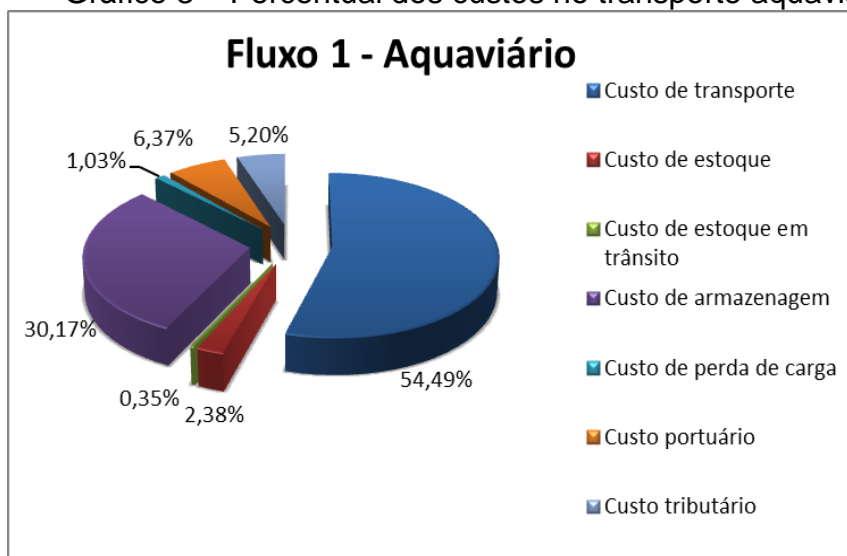
A representatividade dos custos em relação ao custo logístico total pode ser observada na tabela 9 e nos gráficos 3 e 4.

Tabela 9 – Representatividade dos custos em relação ao custo total

| | Fluxo 1 - Aquaviário | Fluxo 2 - Rodoviário |
|------------------------------|----------------------|----------------------|
| Custo de transporte | 54,49% | 89,18% |
| Custo de estoque | 2,38% | 0,06% |
| Custo de estoque em trânsito | 0,35% | 0,05% |
| Custo de armazenagem | 30,17% | 0,00% |
| Custo de perda de carga | 1,03% | 1,77% |
| Custo portuário | 6,37% | - |
| Custo tributário | 5,20% | 8,93% |
| CUSTO LOGÍSTICO TOTAL | 100,00% | 100,00% |

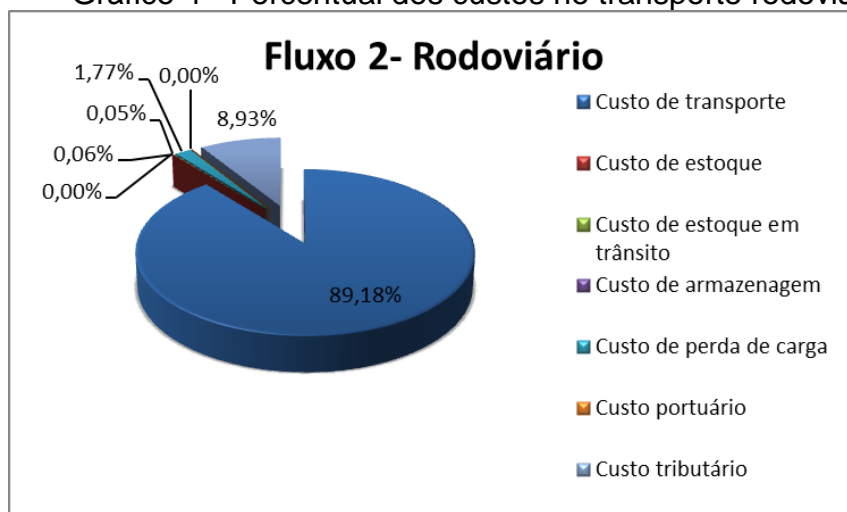
Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Gráfico 3 – Percentual dos custos no transporte aquaviário



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Gráfico 4 - Percentual dos custos no transporte rodoviário



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Nesse aspecto, é possível perceber a veracidade do argumento de Bowersox e Closs (2001) ao afirmar que os custos de manutenção de estoque e de transporte representam de 80 a 90% dos custos logísticos totais. No fluxo 1, os custos de transporte, estoque e armazenagem representam 87,04% enquanto que no 2 representam 89,24%.

4.4 NÍVEL DE SERVIÇO E *TRADE-OFFS*

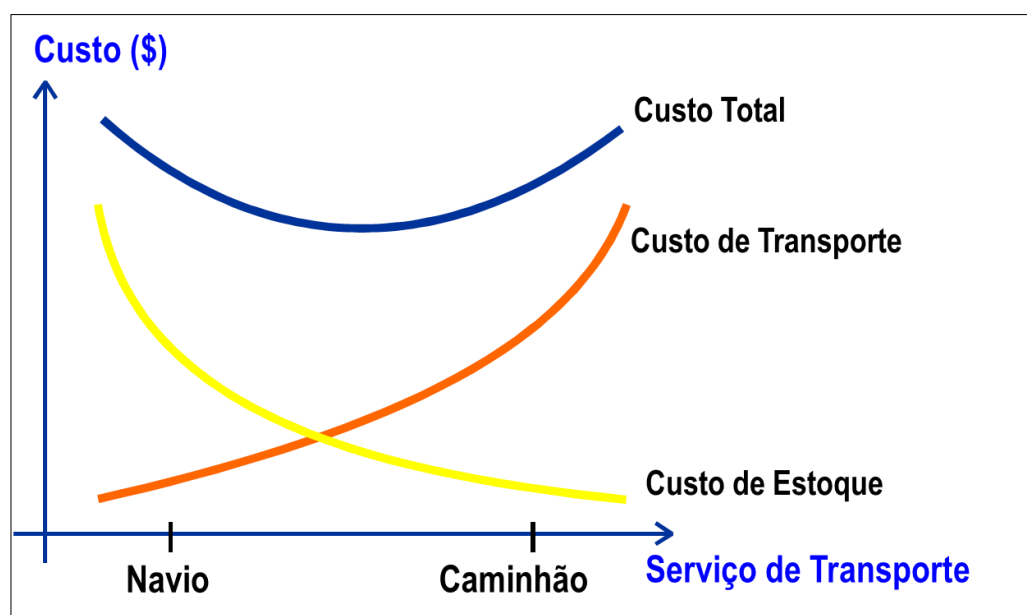
Conforme exposto anteriormente, de acordo com a ANTAQ (2021), em 2020, foram realizadas sete viagens de navio para transportar 16.884,97 toneladas de soja. Em cada viagem foi transportado um lote médio de 2.412,14 toneladas.

Segundo Ballou (2006), para obter a quantidade de viagens necessárias é preciso dividir a demanda anual de produtos a transportar pelo tamanho do lote. Assim, ao considerar o transporte rodoviário da mesma quantidade de soja em lotes de 30 toneladas, resulta-se que são necessárias 563 viagens de caminhão.

Nesse contexto, uma vez que o tamanho do lote de caminhão é inferior ao lote do navio, é necessário haver uma maior frequência do serviço rodoviário para transportar a mesma demanda anual. Conseqüentemente, o nível de estoque para o transporte rodoviário é menor do que para o transporte de navio.

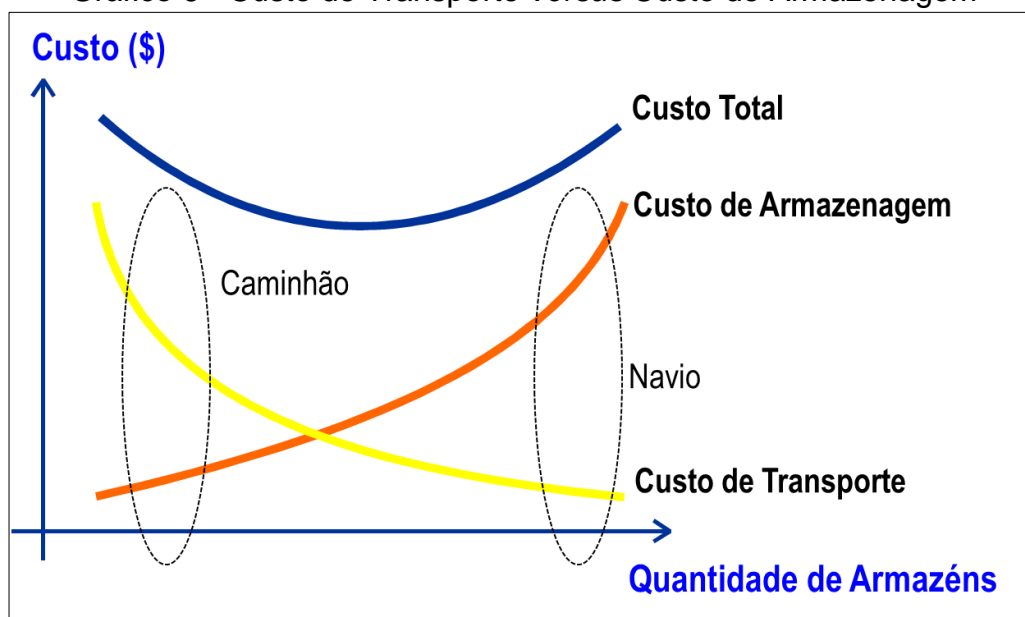
Assim, como pode ser observado no gráfico 5, o custo de estoque utilizando o transporte rodoviário é menor quando comparado ao custo de estoque para viagens navais. Por outro lado, haja vista que o transporte rodoviário apresenta elevado valor de frete, o custo de transporte de caminhão é maior quando comparado ao custo de transporte por navio.

Gráfico 5 – Custo de Transporte *versus* Custo de Estoque



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Ao passo que o lote naval é maior, para acumular a quantidade necessária para uma viagem de navio, é preciso armazenar a carga em um número maior de armazéns antes de transportá-la ao destino final. Dessa forma, como pode ser observado no gráfico 6, o custo de armazenagem para o transporte de navio é maior do que o custo de armazenagem para transporte de caminhão. Em contraponto, o custo de transporte de navio permanece menor que o custo de transporte de caminhão.

Gráfico 6 - Custo de Transporte *versus* Custo de Armazenagem

Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Ademais, em relação ao tempo de viagem, o nível de serviço oferecido pelo transporte rodoviário é melhor uma vez que a viagem de caminhão dura três dias enquanto que a viagem de navio dura nove dias.

Por outro lado, em relação à quantidade de carga perdida durante o transporte, o nível de serviço oferecido pelo transporte naval é melhor. Os índices de perda de carga, de acordo com Ângelo (2005), para transporte hidroviário e para transbordo em terminal portuário são, respectivamente 0% e 0,2%, esse percentual representa 33,77 toneladas perdidas ao ano. Já em relação ao transporte rodoviário de longa distância, o autor afirma que o índice de perda é 0,75%, esse percentual representa 126,64 toneladas perdidas ao ano.

Portanto, os *trade-offs* apresentados anteriormente reforçam o exposto no referencial teórico no que se refere à necessidade de avaliar uma variedade de características dos serviços ao escolher um modo de transporte ou oferta de serviços.

5 CONCLUSÃO

O objetivo de realizar um estudo comparativo entre as modalidades de transporte rodoviário e de transporte por cabotagem para movimentação de carga granel sólido foi alcançado com êxito.

Com base na metodologia de cálculo dos custos logísticos desenvolvida por Ballou (2006), foi possível calcular os custos envolvidos no transporte de soja, utilizando os dois modos de transporte diferentes.

Bowersox e Closs (2001) estimam que os custos de manutenção de estoque e de transporte representam de 80 a 90% dos custos logísticos totais. Nesse aspecto, é possível perceber que o presente estudo está em concordância com a literatura uma vez que os custos de transporte, estoque e armazenagem no fluxo 1 e 2 representaram, respectivamente, 87,04% e 89,24% dos custos logísticos totais.

Embora muitos profissionais da logística considerem apenas o custo de frete, estoque e taxa de utilização das infraestruturas envolvidas no sistema, pode-se perceber a necessidade de contemplar demais variáveis como: custo de estoque em trânsito, custo de perda de mercadoria no transporte e custo tributário.

A partir dos resultados obtidos e de acordo com a revisão bibliográfica de escolha modal, pode-se notar que além dos custos “principais”, é necessário avaliar outros custos e também características dos serviços antes de escolher um modo de transporte ou oferta de serviços, pois os custos individuais exibem comportamentos conflitantes. Assim, esses custos devem ser examinados de modo coletivo e adequadamente de forma que sejam considerados todos os fatores relevantes de custo em uma decisão particular e, posteriormente, seja feita a escolha da alternativa de mínimo custo total.

Posto isso, em conformidade com a estimativa apresentada pela EPL (2021b), na qual a cabotagem é, em média, 60% mais barata que o transporte rodoviário, o presente trabalho apontou que custo logístico total da cabotagem foi 54,24% mais barato que o do transporte rodoviário.

Contudo, a partir das análises dos *trade-offs*, pode-se concluir que a escolha do modo de transporte de menor custo logístico total, ou seja, a escolha do transporte de cabotagem implica também na escolha de uma menor frequência do serviço e de viagens mais longas. Isso decorre da menor quantidade de viagens de navio quando comparada à quantidade de viagem de caminhão por ano e do fato da viagem de navio durar seis dias a mais que uma viagem de caminhão.

Faz-se necessário destacar que este trabalho foi delimitado de modo a não considerar nas análises o transporte da soja das fazendas produtoras até o porto de Porto Alegre, pois não havia disponibilidade desses dados. Assim, as análises contemplam apenas o transporte realizado entre o porto de Porto Alegre, no RS, e o Terminal Ponta da Montanha em Barcarena, no PA.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para pesquisas futuras, recomenda-se analisar a viabilidade de utilizar a intermodalidade para o escoamento da produção de soja e de demais *commodities* de baixo valor agregado do RS para demais estados, utilizando a análise do transporte desde a origem da carga até o seu destino final.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Marcelo Cavalcanti. **Indicadores de desempenho do transporte ferroviário de carga**. 2006. 82 f. Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre pelo programa de pós-graduação em engenharia industrial PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.

AMARAL, Juliana Ventura; GUERREIRO, Reinaldo. **Conhecimento e avaliação dos Trade-offs de custos logísticos: um estudo com profissionais brasileiros**. Revista Contabilidade & Finanças - USP, v. 25, n. 65, p. 111-123, 2014.

ÂNGELO, Livia B. **Custos Logísticos de Transferência de Produtos**. Estudos realizados – GELOG / UFSC, 2005. Disponível em: <https://www.gelog.ufsc.br/joomla/attachments/047_2005-2%20-%20Custo%20Logistico%20de%20Transferencia.pdf>

ANTAQ. **Anuário – ANTAQ**, 2021. Anuário Estatístico do Transporte Aquaviário contendo estatísticas portuárias, da navegação marítima e de apoio e da navegação interior. Disponível em: <<http://web.antaq.gov.br/Anuario/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

AROZO, Rodrigo. **Monitoramento de desempenho na gestão de estoque**. Revista Tecnológica, v. 85, n. 48-53, 2002.

BALLOU, Ronald. H. **Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física**. São Paulo: Atlas, 1993.

BALLOU, Ronald. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, organização e Logística Empresarial**. 4^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos / Logística empresarial**. 5^a ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Taxa de câmbio comercial para venda: real (R\$) / dólar americano (US\$) - média**, 2021. Taxa de câmbio é o preço de uma moeda estrangeira medido em unidades ou frações (centavos) da moeda nacional. Disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/ExibeSerie.aspx?serid=31924>. Acesso em: 30 ago. 2021.

BATALHA, Mário O.; STHALBERG, Penido: “**A gestão da produção em firmas agroindustriais**.” Revista Produção. ABEPRO, número especial, nov. 1994, p. 51-57.

BELÉM JÚNIOR, João Silveira. **Proposta metodológica para avaliação do nível de serviço das empresas de transporte rodoviário de cargas**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 2007.

BIT. **Banco de Informações e Mapas de Transportes**. 2013. Disponível em: <http://www2.transportes.gov.br/bit/02-rodo/rodo.html>

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística Empresarial**, São Paulo: Atlas, 2001.

BOWERSOX, Donald J. *et al.* **Gestão logística de cadeia de suprimentos**. Porto Alegre: Bookman, 2006.

CAIXETA-FILHO, José Vicente.; LIMA, Lílian Maluf.; BRANCO, José Eduardo Holler. **Um modelo dinâmico para otimização do escoamento de soja em grão**. In: XLIII Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, 2005, Ribeirão Preto. Instituições, Eficiência, Gestão e Contratos no Sistema Agroindustrial, 2005.

CHRISTOPHER, Martin. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégias para a Redução de Custos e Melhoria dos Serviços**. São Paulo: Pioneira, 1997.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT do Transporte Marítimo**. Brasília: CNT, 2012. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/pesquisas>>. Acesso em: 07 de abr. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT do Transporte Aquaviário: Cabotagem 2013**. Brasília: CNT, 2013. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/pesquisas>>. Acesso em: 02 mar. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Transporte Rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. Brasília: CNT, 2017. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/pesquisas>. Acesso em: 01 mar. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Pesquisa CNT de Rodovias 2019**. Brasília: CNT, 2019a. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/pesquisas>. Acesso em: 01 mar. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **O transporte move o Brasil: resumo das propostas da CNT ao país**. Brasília: CNT, 2019b. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/pesquisas>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Boletim Estatístico**. Brasília: CNT, 2021. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 22 abr. 2021.

CONAB. **Armazenagem, 2017**. Sistema de armazenagem da CONAB compõe a Política Agrícola e Pecuária a fim de garantir o fluxo de abastecimento constante, proporcionando maior estabilidade de preços e de mercado. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/armazenagem>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

COYLE, John J. ; NOVACK, Robert A.; GIBSON, Brian J. ; BARDI, Edward J. **Transportation – A supply chain perspective**. 7. ed. – South-Western Cengage Learning, 2011.

DANIELIS, Romeo; MARCUCCI, Edoardo; ROTARIS, Lucia. **Logistics managers' stated preferences for freight service attributes**. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 41, n. 3, p. 201-215, 2005.

DASKIN, Mark S. Logistics: an overview of the state of the art and perspectives on future research, **Transportation Research**, v.19,1985.

EBENROTH, Carsten Thomas. **Acordos institucionais competitivos e a internacionalização da economia**. Revista de Administração de Empresas, v. 29, n. 1, p. 61-80, 1989.

EPL. Empresa de Planejamento e Logística. **Cabotagem: A importância para o transporte brasileiro e as medidas de estímulo do BR do mar**. Boletim de Logística. Brasília: 2021a.

EPL. Empresa de Planejamento e Logística. **O BR do mar e a redução de custos logísticos**. Artigo Técnico nº2. Brasília: 2021b.

FAJARDO, Ana Paula Cardoso. **Uma contribuição ao estudo do transporte intermodal-otimização da expansão dinâmica das redes intermodais do transporte de soja produzida no estado de mato grosso**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2006.

FARIA, Sérgio Fraga Santos. **Fragmentos da Historia dos Transportes**. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

FARIA, Ana Cristina de; COSTA, Maria de Fátima Gameiro da. **Gestão de custos logísticos**. São Paulo: Atlas, p. 147-161, 2005.

FREIRES, Francisco Gaudêncio Mendonça. **Proposta de um modelo de gestão dos custos da cadeia de suprimentos**. 2000. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

FONSECA, Rafael Oliveira. **A navegação de cabotagem no Brasil: uma análise geográfica da conjuntura do modal no início do século XXI**. Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2019.

GIL, Antônio Carlos, **Métodos e técnicas de pesquisa social** / Antonio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

HAGREAVES, Lourdes; ZUANETTI, Rose; LEE, Renato; *et al.* **Qualidade em prestação de serviços**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2001.

JUNIOR, Alfredo Colenci. **Análise No Setor de Transporte Rodoviário**. IX Congresso Brasileiro de Custos. São Paulo, 2002.

JUNIOR, Nelson Fernandes Felipe. **A dinâmica recente do transporte marítimo de cabotagem e longo curso no Brasil**. Revista Transporte y Territorio, n. 20, p. 33-65, 2019.

KOZAN, Erhan. **Optimising container transfers at multimodal terminals**. Modelagem Matemática e Computacional, v. 31, n. 10-12, pág. 235-243, 2000.

KUSSANO, Marilin Ribeiro; BATALHA, Mário Otávio. **Custos logísticos do escoamento do açúcar brasileiro para o mercado externo**. Encontro Nacional De Engenharia De Produção (ENEGEP), v. 29, p. 1-14, 2009.

KUSSANO, Marilin Ribeiro. **Proposta de modelo de estrutura do custo logístico do escoamento da soja brasileira para o mercado externo: o caso do Mato Grosso**. 2010. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

KUSSANO, Marilin Ribeiro; BATALHA, Mário Otávio. **Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo**. Gestão & Produção, v. 19, n. 3, p. 619-632, 2012.

LIMA, Maurício Pimenta. **Os custos de armazenagem na logística moderna**. Centro de Estudos em Logística–CEL.[Disponível em <http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-busca.htm>, 2000.

LISZBINSKI, Bianca Bigolin *et al.* **Custos logísticos: um levantamento da produção científica na última década no Brasil**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC. 2013.

LOPES, Elisangela dos Santos *et al.* **A Importância Do Contêiner Na Logística**. Lins, SP, 2013.

LUNKES, Rogério João; SAGAZ, Fernando Rodrigo. **Back to Back: Um enfoque na redução dos custos logísticos e tributários**. Sociedade, Contabilidade e Gestão, v. 7, n. 1, 2013.

MAGEE, John. F. **Logística industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição**. São Paulo: Pioneira, 1977.

MENDONÇA, Paulo César Catelan; KEEDI, Samir. **Transportes e seguros no comércio exterior**. Aduaneiras, 1997.

MICHAEL A. McGinnis. **The Relative Importance of Cost and Service in Freight Transportation Choice: Before and After Deregulation**, Transportation Journal, Vol. 30, nº I (Fall 1990), pags. 12-19.

MORAES, Antônio C. R. **Bases da Formação Territorial do Brasil**. São Paulo: Hucitec, 2000.

MONIÉ, Frédéric; VIDAL, Soraia Maria do SC. **Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva**. Revista de Administração Pública, v. 40, p. 975-995, 2006.

MOURA, Reinaldo A. **Manual de Logística: Armazenagem e Distribuição Física**. São Paulo: IMAN, 1997.

NILSON, Marisa *et al.* **Relevância dos custos portuários em relação aos custos logísticos totais**. Revista Produção Online, v. 20, n. 3, p. 772-791, 2020.

OLIVEIRA, Renata Lúcia Magalhães de. **Modelo neuro-fuzzy para escolha modal no transporte de cargas**. Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Engenharia de Transporte do Instituto Militar de Engenharia, 2004.

OLIVEIRA, Henrique Campos. **A infraestrutura de transporte rodoviário na transferência da base de produtos para exportação na região litoral sul da Bahia**. Seminário Estudantil de Produção Acadêmica, v. 11, n. 1, 2007.

ONO, Ricardo Terumichi, **Estudo de viabilidade do transporte marítimo de contêineres por cabotagem na costa brasileira**. São Paulo, 2001.132p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

RIBEIRO, Priscilla Cristina Cabral; FERREIRA, Karine Araújo. **Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro**. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 23, 2002.

RICARTE, Marcos Antônio Chaves. **A importância dos custos logísticos na cadeia de suprimentos**. São Paulo: Widesoft Sistemas, 2002.

ROCHA, Cristine Fursel. **O Transporte de Cargas no Brasil e sua Importância para a Economia**. Rio Grande do Sul, 2015.

SARAIVA. Pedro Luis De Oliveira, MAEHLER. Alisson Eduardo, **Transporte hidroviário: estudo de vantagens e desvantagens em relação a outros modais de transporte no sul do Brasil**. SIMPOI, anais. 2013.

TEIXEIRA, Cássio Adriano Nunes *et al.* **Navegação de cabotagem brasileira**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 47, p. [391]-435, mar. 2018.

TSAMBOULAS, Dimitrios A.; KAPROS, Seraphim. **Decision-making process in intermodal transportation**. Transportation Research Record, v. 1707, n. 1, p. 86-93, 2000.

VIRTUAL EXPOGROUP. **Nautic Expo by VirtualExpo Group**, 2021. Start-up que ajuda projetos B2B a tomar decisão e oferece informações cuidadosamente organizadas, selecionando produtos e fornecedores de qualidade em todo o mundo. Disponível em: <https://www.nauticexpo.com/pt/prod/poduhvat/product-198825-565996.html>. Acesso em: 13 de set. de 2021.

WEBER, Carine; ROXO, Lucimar Antônio Teixeira. **O IMPACTO DO DIFERENCIAL DE ALÍQUOTAS DO ICMS SOBRE AS EMPRESAS DO COMÉRCIO OPTANTES PELO SIMPLES NACIONAL**. Revista Eletrônica de Ciências Contábeis, v. 9, n. 2, p. 30-53, 2020.