UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - PPGEP

MODELO DE CUSTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL DE SOJA ENTRE MIRITITUBA E OS PORTOS EXPORTADORES DO ARCO NORTE

RAMESH MOHAN THADANI

MANAUS
2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - PPGEP

RAMESH MOHAN TAHADNI

MODELO DE CUSTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL DE SOJA ENTRE MIRITITUBA E OS PORTOS EXPORTADORES DO ARCO NORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Pesquisa Operacional - Sistemas de Informação e Decisão

Orientador: Prof. Dr. Augusto César Barreto Rocha

Manaus
2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

T363m

Thadani, Ramesh Mohan
Modelo de custos de transporte fluvial de soja entre Miritituba e os portos exportadores do Arco Norte / Ramesh Mohan Thadani . 2020
155 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Augusto César Barreto Rocha
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Soja. 2. Transporte aquaviário. 3. Barcaças graneleiras. 4. Miritituba. I. Rocha, Augusto César Barreto. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

RAMESH MOHAN TAHADNI

MODELO DE CUSTOS DE TRANSPORTE FLUVIAL DE SOJA ENTRE MIRITITUBA E OS PORTOS EXPORTADORES DO ARCO NORTE

Defesa da dissertação de mestrado do **Ramesh Mohan Thadani**, intitulada: **Modelo de custos de transporte fluvial de soja entre Miritituba e os portos exportadores do Arco Norte**, orientado pelo **Prof. Dr. Augusto César Barreto Rocha**, apresentado à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Amazonas, em 28 de agosto de 2020.

Os membros da Banca Examinadora consideraram o candidato APROVADO.

BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado eletronicamente por **Augusto Cesar Barreto Rocha**, **Professor do Magistério Superior**, em 08/09/2020, às 17:10, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

_____

Prof. Dr. Augusto César Barreto Rocha - UFAM

Documento assinado eletronicamente por **Nelson Kuwahara**, **Professor do Magistério Superior**, em 03/09/2020, às 09:41, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

_____

Prof. Dr. Nelson Kuwahara - UFAM

Documento assinado eletronicamente por **Daniel Reis Armond de Melo**, **Professor do Magistério Superior**, em 16/09/2020, às 12:28, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015.

_____

Prof. Dr. Daniel Reis Armond de Melo - UFAM

Aos meus pais, que sempre estimularam a busca do conhecimento por meio da leitura e do estudo. À minha esposa e meus filhos, que me incentivaram e apoiaram na realização deste trabalho, sem qual não teria sido possível. A Deus, presente em cada momento da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Augusto César Barreto Rocha, que incentivou a aceitar o desafio de ingressar no programa de Mestrado na UFAM, acompanhando e orientando de forma contínua, cobrando os avanços, que permitiram chegar à conclusão, mesmo diante dos desafios de conciliar o estudo com o trabalho.

Ao meu empregador Grupo Simões, que incentivou minha participação no programa do Mestrado da UFAM, e em especial minhas chefias e colegas diretos Maurício Kerbauy, Aristarco Neto, Rodrigo Baraúna, Jean Cardoso, Diego D'Oran e Alexandre Betioli, que ajudavam sempre que possível e tiveram muita paciência comigo.

Aos especialistas que me auxiliaram com seus conhecimentos práticos e acadêmicos, Luiz Antônio Pagot, José Cláudio Braga da Silva, Carlos Makoto Inoue, Dolores Barofaldi e Thays Franco, entre outros, sem quais não teria concluído a dissertação.

Aos meus professores que tive em toda minha caminhada acadêmica, sem quais jamais teria alcançado a oportunidade de realizar este trabalho. Nesta jornada, todos os professores tiveram uma parcela de contribuição, bem como as instituições por quais passei, onde sempre foi acolhido e estimulado a estudar e questionar.

À Universidade Federal do Amazonas, que ofereceu a oportunidade de ingressar no programa de Mestrado, à Secretaria e Coordenação, e os professores e colegas de turmas, que ensinaram, enriqueceram e contribuíram ao meu conhecimento, que é uma riqueza intangível, porém imensurável e precioso.

Aos membros da Banca, que dedicaram seu tempo para avaliar esta dissertação.

E por último, mas não menos importante, minha família, que apoiou desde o início e teve paciência comigo no decorrer do programa de Mestrado, e principalmente nos últimos meses que antecederam a finalização e defesa da dissertação.

A todos que me ajudaram, direta e indiretamente, um grande e sincero obrigado!

A Justiça é a único culto.
O Amor é o único sacerdote.
A Ignorância é a única escravidão.
A Felicidade é o único bem.
A hora de ser feliz é agora,
O lugar para ser feliz é aqui,
A maneira de ser feliz, é fazer os outros felizes.

Justice is the only worship.
Love is the only priest.
Ignorance is the only slavery.
Happiness is the good.
The time to be happy is now,
The place to be happy is here,
The way to be happy is to make others so.

Robert Green Ingersoll

RESUMO

Desde 2013, o Brasil é o maior exportador global de soja, com volumes crescentes ao longo dos anos. O escoamento para exportação pressionou a logística portuária, e o Arco Norte, denominação dada aos portos localizados no Norte do país, se apresenta como solução viável e competitiva aos sojicultores de parte do Mato Grosso, maior região produtora do grão no país. O forte crescimento do escoamento de soja pelos portos fluviais de Longo Curso do Arco Norte, que passou de 1,9 milhões de toneladas em 2010, para 11,4 milhões de toneladas em 2019, necessita do transporte hidroviário para alcançá-los. Há poucas empresas operando no transporte aquaviário dos grãos a partir das Estações de Transbordo de Cargas (ETC), onde troca do modal rodoviário para alcançar os portos fluviais de Longo Curso que exportam soja. A região de Miritituba/PA concentra o maior número de ETC e embarca os maiores volumes, sendo responsável por 59,6% de todos os grãos exportados por estes portos em 2019. Os custos do transporte aquaviário não são divulgados, e os modelos disponíveis para apurar estes custos não consideram as peculiaridades e características da Amazônia. Este trabalho pretende preencher uma lacuna quanto a modelos específicos para apurar os custos de transportar soja em barcaças nas hidrovias da Amazônia, que não foram encontradas nas pesquisas realizadas. Trata-se de um estudo de caso contemporâneo com dados quantitativos com aplicação na área de conhecimento em Pesquisa Operacional, para desenvolvimento de modelagem matemática para simulação de sistemas de eventos discretos, que representa uma análise de custos. Os objetivos são de desenvolver um modelo adaptado às características de transporte fluvial de soja a granel no Arco Norte, identificar os principais fatores críticos ao sucesso que impactam nos custos da logística fluvial, e estudar as combinações e como as variáveis se relacionam com os custos de fretes por tamanho de comboio e destino. Adicionalmente, permitem usuários do transporte melhor compreender a composição dos custos e negociar melhores preços, aumentando a competitividade da soja brasileira exportada.

Palavras-chave: Soja. Transporte aquaviário. Barcaças graneleiras. Miritituba.

ABSTRACT

Since 2013, Brazil is the largest global exporter of soybeans, with volumes growing consistently over the years. The export increases placed pressure on the country's port logistics, and the Northern Arc, by which the ports located in the north of the country are collectively known, presents itself as a viable and competitive solution for soybean producers in part of Mato Grosso, the largest grain producing region. The vigorous growth of the exports using the Northern Arc's deep-sea river ports, which grew from 1.9 million tons in 2010, to 11.4 million tons in 2019, requires inland waterway transportation (IWT) to reach them. There are few grain transport operators from the Transhipment Facilities (TF), where the grain changes it's transport mode from road transportation to IWT, in order to reach the deep-sea river ports that export soybeans. The region of Miritituba / PA concentrates the largest amount of TF and ships the largest volumes of soybeans to these ports, responsible for 59.6% of all grains exported through these ports in 2019. The costs of IWT are not publicly disclosed, and the models available to determine the costs do not consider the peculiarities and characteristics of the Amazon Region. This paper aims to fill a gap regarding specific models to determine the costs of transporting soybeans in barges on the IWT of the Amazon Region, which were not found in research. This is a contemporary case study with quantitative data with application in the area of knowledge in Operational Research (OR) to develop a mathematical model for the simulation of discrete event systems, reflecting a cost analysis. The objectives are to develop a model adapted to the characteristics of IWT logistics in the Northern Arc, identify the main factors critical to success that impact on the costs of river logistics, and study the combinations and how the variables relate to the respective freight costs according to the size of barge tows and destination. Additionally, it allows the IWT system users to better understand the cost composition and to negotiate the best prices, increasing the competitiveness of Brazilian soybean exports.

Keywords: Soybeans. Inland Waterway Transport (IWT). Grain barges. Miritituba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização e concentração da produção de soja no Brasil por microrregião em 2016, com destaque para o estado do Mato Grosso (MT) (IBGE, 2017). 2

Figura 2. Localização e concentração da produção de soja nos EUA por microrregião em 2017, com destaque para os estados de Iowa (IA) e Illinois (IL) (U.S. GRAINS COUNCIL, 2018; USDA, 2018b). 2

Figura 3. Principais exportadores de soja e os destinos em 2016/2017, em milhões de toneladas (Mt) 3

Figura 4. Evolução do tempo de espera para atendimento de navios em fundeio nos quatro principais portos exportadores de soja em grão, e da representatividade das exportações pelo Arco Norte no total das exportações de soja. 7

Figura 5. Portos marítimos do Arco Norte que escoam soja e milho 8

Figura 6. Sete etapas do procedimento para estruturar um estudo científico....15

Figura 7. Sistema de Transporte 23

Figura 8. Dois Tipos de Representação de Distâncias 23

Figura 9. O Sistema de Transporte 24

Figura 10. Escolha modal, distâncias e custos de transporte 26

Figura 11. Exemplos de CVC de alta capacidade mais utilizados para o transporte rodoviário de grãos no Brasil 29

Figura 12. Comparativo de capacidades de carga no transporte de granéis sólidos agrícolas no modal ferroviário e rodoviário no Brasil 32

Figura 13. Participação do modal ferroviário no total de transporte de farelo de soja e granéis de soja e milho exportados no Brasil 33

Figura 14. Classificação Internacional de Embarcações por Tipo (ICST (94)) 36

Figura 15. Comparativo da capacidade de transporte de soja nos principais modais de transporte....43

Figura 16. Tipos de embarcação na Navegação Interior 48

Figura 17. Mapa das vias economicamente navegadas em 2016 49

Figura 18. Fluxos no transporte aquaviário em trechos hidroviários (esquerda) e os fluxos com navios de grande porte na cabotagem nos portos marítimos brasileiros 51

Figura 19. Baixo Tapajós e sua ligação com o Rio Amazonas 53

Figura 20. Comparativo do regime hidrológico do baixo Tapajós com as exportações de soja do MT 55

Figura 21. Rio Amazonas e seus principais afluentes com as cidades dos ETC e portos fluviais que movimentam soja no Arco Norte 57

Figura 22. Mapa do trecho das hidrovias do Baixo Tocantins e do Rio Pará 59

Figura 23. Tipos de integração de formações de comboios de barcaças.....62
Figura 24: Dimensões e desenhos de uma barcaça graneleira tipo *raked* do padrão *jumbo hopper*.....63
Figura 25. Comboio de nove barcaças da empresa de navegação Hermasa.....64
Figura 26. Dimensões de uma barcaça graneleira padrão Mississippi.....66
Figura 27. Crescimento da soja Brasil no Brasil entre 2000 e 2010 em área (ha) e produção (mil toneladas).....68
Figura 28. Mapa Mundial de adoção de legislação de rótulos de alimentos.....71
Figura 29. Logística da distribuição de grãos e derivados no Brasil.....75
Figura 30. Comparação de custos de transporte de opções de logística para escoar grãos a partir de Lucas do Rio Verde/MT a portos marítimos exportadores.....76
Figura 31. Cadeia logística do escoamento da soja destinado à exportação - porteira ao porto.....77
Figura 32. Estrutura da composição ampla de custos que resultam no custo total de empresa de transporte de navegação interior em hidrovias da Amazônia.....78
Figura 33. Estrutura do modelo de cálculo de custos para o setor de navegação interior.....79
Figura 34. Mapa do processo da apuração dos custos.....83
Figura 35. Comboio de 20 barcaças da Hermasa, no Rio Madeira.....89
Figura 36. Aplicação de regressão linear nos valores de empurradores para obtenção de valor médio por potência.....90
Figura 37. Representação dos custos simplificados em R$ por tonelada transportada entre Mirituba e Itacoatiara com comboio de 12 barcaças.....111
Figura 38. Demonstrativo da relação entre custos e volumes do Cenário Base.....113
Figura 39. Demonstrativo da relação entre custos e volumes com utilização de dois comboios do Cenário Base.....113

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. As principais variáveis que afetam a escolha do modal de transporte 25
Quadro 2. Detalhamento da Frota de Veículos de Carga no Brasil em 2018 28
Quadro 3. Classificação Brasileira dos tipos de embarcações 37
Quadro 4. Variáveis de Navegabilidade nas Hidrovias Brasileiras 45
Quadro 5. Dimensões máximas de embarcações e comboios permitidas no Rio Tapajós.....53
Quadro 6. Distâncias medias da navegação interior entre as principais ETC no transporte de soja na Amazônia e os portos marítimos de exportação 60
Quadro 7. Itens dos custos fixos de transporte de empresa de navegação interior 81
Quadro 8. Taxas anuais de depreciação para Embarcações e Estruturas Flutuantes.....84
Quadro 9. Quadro dos custos relacionados a recursos humanos 103
Quadro 10. Quadro das entradas dos custos de capital e custos operacionais fixos 104
Quadro 11. Quadro das entradas dos custos operacionais variáveis e custos administrativos 104
Quadro 12. Quadro dos cálculos intermediários dos custos de capital e custos operacionais fixos.....105
Quadro 13. Quadro dos cálculos intermediários dos custos operacionais variáveis e custos administrativos.....106
Quadro 14. Quadro do resultado dos cálculos de custos anuais do transporte fluvial de soja.....106
Quadro 15. Quadro relacionando os fatores críticos ao sucesso com seus impactos no resultado do Cenário Base 124
Quadro 16. Iniciativas do Setor Público que estimulam investimentos e potencializam a atividade de transporte aquaviário no Arco Norte 127

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo da classificação do índice geral de LPI e o índice de Infraestrutura da Alemanha, EUA e Brasil em 2018 4

Tabela 2. Média de dias de espera para um navio para soja ser atendido pelo porto 5

Tabela 3. Classificação relativa de custos e desempenho operacional dos principais modais de transporte 44

Tabela 4. Volume transportada na Navegação Interior por grupos de cargas e respectivas regiões, em toneladas em 2019.....48

Tabela 5. Portos marítimos de exportação de soja nos rios da Amazônia e suas exportações de soja em toneladas, entre 2010 e 2019 51

Tabela 6. Representatividade do Brasil e dos EUA no cenário global da produção de soja em % de toneladas produzidas 67

Tabela 7. Projetos de Barcaças de granéis sólidos aprovados para financiamento pelo FMM no período entre 2010 – 2019, com emprego previsto para a região Amazônica 86

Tabela 8. Projetos de Empurradores aprovados para financiamento pelo FMM no período entre 2010 – 2019, com emprego previsto para a região Amazônica 88

Tabela 9. Potência ideal de empurradores para cada tamanho de comboio e seus valores estimados, em USD 91

Tabela 10. Demonstração do quadro de pessoal operacional por comboio com quantitativo e salários no transporte de granéis na Amazônia.....92

Tabela 11. Tabela com cargos e salários mensais, em R$, para a administração de uma organização de transporte 96

Tabela 12. Detalhamento das deduções do faturamento no transporte aquaviário dentro do Estado do Pará e para fora do Estado do Pará em trecho doméstico 100

Tabela 13. Principais premissas utilizados nos cálculos de custos de transporte de grãos em comboios de barcaças graneleiras na região Amazônica.....101

Tabela 14. Resultado das simulações dos principais cenários de transporte de soja em comboios de barcaças graneleiras 108

Tabela 15. DRE da simulação do Cenário 8, utilizando comboio de 12 barcaças no transporte de soja entre Miritituba e Itacoatiara 110

Tabela 16. Comparativo de investimentos, volumes e resultados do Cenário Base simulado com um e dois comboios 114

LISTA DE ABREVIATURAS

AFRMM	Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante
ANA	Agência Nacional de Águas
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANTAQ	Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
bhp	*brake horsepower* (medida de potência de motores)
CBA	*Cost-Benefit Analysis* (Análise Custo-Benefício)
CBOT	*Chicago Board of Trade* (Bolsa de Chicago, EUA)
CFS	Capitania Fluvial de Santarém
CNA	Confederação Nacional da Agricultura
CNT	Confederação Nacional do Transporte
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
CSLL	Contribuição Social sobre Lucro Líquido
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DPC	Diretoria de Portos e Costas (Marinha do Brasil)
DRE	Demonstração de Resultados do Exercício
ETC	Estação de Transbordo de Carga
FAO	*Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
Fi	Fator de integrabilidade
FMM	Fundo da Marinha Mercante
GM	Geneticamente Modificado
GMO	*Genetically Modified Organism* (Organismo Geneticamente Modificado)
ha	Hectare
hp	*horsepower* (medida de potência de motores)
IA	Iowa/EUA
IL	Illinois/EUA
IMEA	Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária

LPI	*Logistics Performance Index* (Índice de Desempenho Logístico)
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio Exterior e Serviços
Mt	Milhão de toneladas
MT	Mato Grosso
NGM	Não Geneticamente Modificado
NORMAM	Normas da Autoridade Marítima (Marinha do Brasil)
OGM	Organismo Geneticamente Modificado
PHE	Plano Hidroviário Estratégico
SEP	Secretaria de Portos
t	Tonelada
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TPB	Toneladas de Porte Bruto
EU	União Europeia
USD	*United States Dollar* (Dólar Americano)
USDA	*United States Department of Agriculture* (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 OBJETIVOS 11
1.2 JUSTIFICATIVA 11
1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO 12
1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO 14
2 REVISÃO DA LITERATURA 17
2.1 MODELOS MATEMÁTICOS LINEARES DE SIMULAÇÃO DISCRETA 18
2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS 19
2.2.1 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO (*COST-BENEFIT ANALYSIS* - CBA) 20
2.3 SISTEMAS DE TRANSPORTE 22
2.3.1 MODAIS DE TRANSPORTE 25
2.3.1.1 RODOVIÁRIO 26
2.3.1.2 FERROVIÁRIO 30
2.3.1.3 HIDROVIÁRIO 34
2.3.1.4 AÉREO 39
2.3.1.5 DUTOVIÁRIO 40
2.3.2 COMMODITIES E TRANSPORTE 41
2.4 SISTEMAS DE TRANSPORTE FLUVIAL 44
2.4.1 VARIÁVEIS DE NAVEGABILIDADE 44
2.4.2 VARIÁVEIS ECONÔMICOS DA NAVEGAÇÃO 47
2.5 TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DE CARGAS EM GRANEL NA AMAZÔNIA 47
2.5.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DE NAVEGAÇÃO FLUVIAL NA AMAZÔNIA 49
2.5.1.1 HIDROVIA DO TAPAJÓS 52
2.5.1.2 HIDROVIA DO AMAZONAS 56
2.5.1.3 HIDROVIA DO RIO PARÁ 58
2.5.1.4 DISTÂNCIAS ENTRE OS PRINCIPAIS PORTOS FLUVIAIS NA AMAZÔNIA 60
2.5.2 PRINCIPAIS TIPOS DE EMBARCAÇÕES UTILIZADAS NA NAVEGAÇÃO FLUVIAL NA AMAZÔNIA 61
2.6 INDÚSTRIA DA SOJA (CADEIA DE VALOR) 67
2.6.1 PRODUÇÃO DA SOJA NO BRASIL E NO MUNDO 67
2.6.2 CONSUMO DA SOJA NO BRASIL E NO MUNDO: ATUAL E TENDÊNCIAS FUTURAS 69
2.6.3 LOGÍSTICA DE ESCOAMENTO DA SOJA 73
3 METODOLOGIA E COLETA DE DADOS 78
3.1 CUSTO DE CAPITAL 83
3.1.1 BARCAÇAS E EMPURRADORES 85
3.1.1.1 TIPOS DE BARCAÇAS GRANELEIRAS PARA SOJA E SEUS CUSTOS 86
3.1.1.2 TIPO DE EMPURRADORES DE BARCAÇAS E SEUS CUSTOS 87
3.2 CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS 92
3.2.1 CUSTO COM PESSOAL 92
3.2.2 CUSTO COM SEGURO 93
3.2.3 CUSTO DE REPAROS E MANUTENÇÃO 93
3.2.4 OUTROS CUSTOS FIXOS 94
3.3 CUSTOS OPERACIONAIS VARIÁVEIS 94

3.4 CUSTOS ADMINISTRATIVOS 95
3.4.1 CUSTOS COM PESSOAL E BENEFÍCIOS 96
3.4.2 CUSTOS COM UTILIDADES, TRANSPORTE E COMUNICAÇÃO 97
3.4.3 CUSTOS COM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO 98
3.4.4 CUSTOS COM ALUGUÉIS 98
3.4.5 CUSTOS FISCAIS E TRIBUTÁRIOS 99
3.4.5.1 CUSTOS FISCAIS E TRIBUTÁRIOS INCIDENTES SOBRE LUCRO 99
3.4.5.2 CUSTOS FISCAIS E TRIBUTÁRIOS INCIDENTES SOBRE FATURAMENTO 99
3.5 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS 101
3.5.1 DEMONSTRAÇÃO DO MODELO 102
3.5.2 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS 107
3.6 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS 115
4 ANÁLISE E DISCUSSÕES 117
4.1 OPÇÕES DE ESCOAMENTO (ROTAS E RECURSOS DE TRANSPORTE FLUVIAL) 119
4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE IMPACTAM NOS CUSTOS LOGÍSTICOS 120
4.3 RISCOS E TEMPOS DE ESCOAMENTO 122
5 CONCLUSÕES 124
REFERÊNCIAS 133
ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - JOSÉ CLÁUDIO BRAGA DA SILVA 148
ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - LUIZ ANTÔNIO PAGOT 152

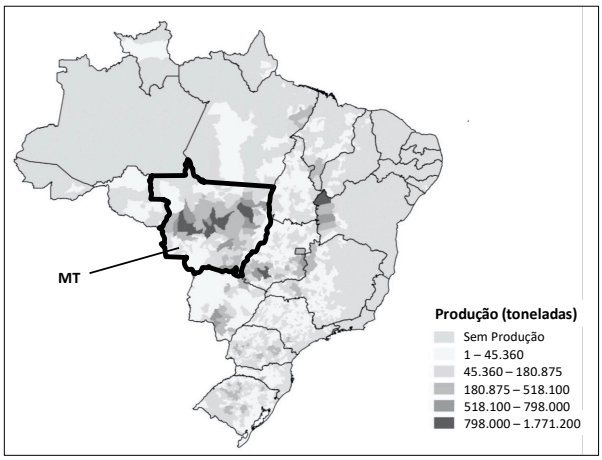
1 INTRODUÇÃO

Desde 2013 o Brasil lidera as exportações globais de soja (LEE et al., 2016; SALIN, 2014; SALIN; SOMWARU, 2018), e combinado com as exportações dos Estados Unidos da América (EUA), superam 80% das exportações globais, significando que são competidores nos principais mercados importadores. A China, responsável por 62,6% das importações mundiais de soja em 2017, é o maior importador. O Brasil foi responsável por 48,4%,e os EUA por 39,4%: juntos, representaram 87,8% das importações Chinesas de soja naquele ano (CLEVER, 2018). No mesmo ano, o Brasil produziu 103,8 milhões de toneladas, dos quais 70,3% foram exportados (CONAB, 2017), implicando que 62% das exportações brasileiras tinham como destino a China. A soja representou US$ 25,7 bilhões, ou 11,8% das exportações do país, e foram, portanto, o primeiro item mais relevante na balança comercial (MDIC, 2018).

Nos EUA a principal região produtora é o Centro-oeste (SALIN; SOMWARU, 2018), podendo ser considerado o equivalente ao Cerrado, no Centro-oeste Brasileiro, que lidera a produção brasileira (CONAB, 2017). Em ambas regiões, a China é o principal destino, e o porto de Xangai é o mais utilizado como porto de referência (LOPES et al., 2017; LOPES; LIMA; FERREIRA, 2016; SALIN, 2014; SALIN; SOMWARU, 2018; USDA, 2018a). O Cerrado Brasileiro foi responsável por 41,9% das exportações de soja, e o Estado do Mato Grosso (MT) sozinho, por 28,2% em 2017, representando a maior exportação do país (CONAB, 2017).

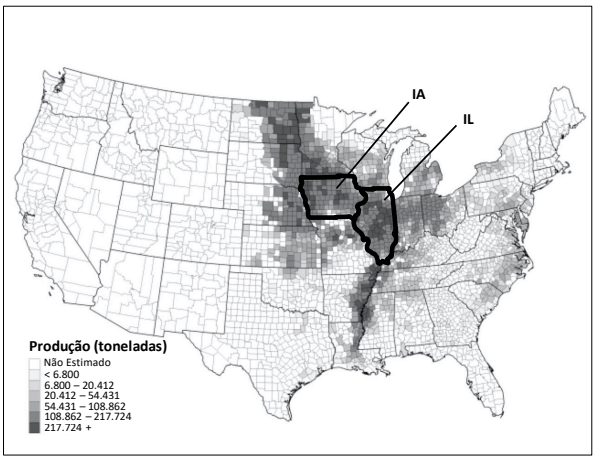
Este volume é um pouco maior que os 26,6% da produção combinada dos dois mais importantes estados produtores dos EUA: Illinois (IL) e Iowa (IA), no Centro-oeste, com 13,8% e 12,8% respectivamente (USDA, 2018b). Em ambos os países, a principal região produtora de soja é localizada no seu centro e mais distante dos portos marítimos de exportação (IMEA, 2018a), como pode ser observado nas Figura 1 e Figura 2, indicando a produção de soja em toneladas e sua concentração por municipalidade no Brasil em 2016, com destaque para o estado do Mato Grosso (IBGE, 2017), e condado nos EUA em 2017, com destaque para os estados de Illinois e Iowa (U.S. GRAINS COUNCIL, 2018; USDA, 2018b).

Figura 1. Localização e concentração da produção de soja no Brasil por microrregião em 2016, com destaque para o estado do Mato Grosso (MT) (IBGE, 2017).



Fonte: adaptado de IBGE (2017).

Figura 2. Localização e concentração da produção de soja nos EUA por microrregião em 2017, com destaque para os estados de Iowa (IA) e Illinois (IL) (U.S. GRAINS COUNCIL, 2018; USDA, 2018b).

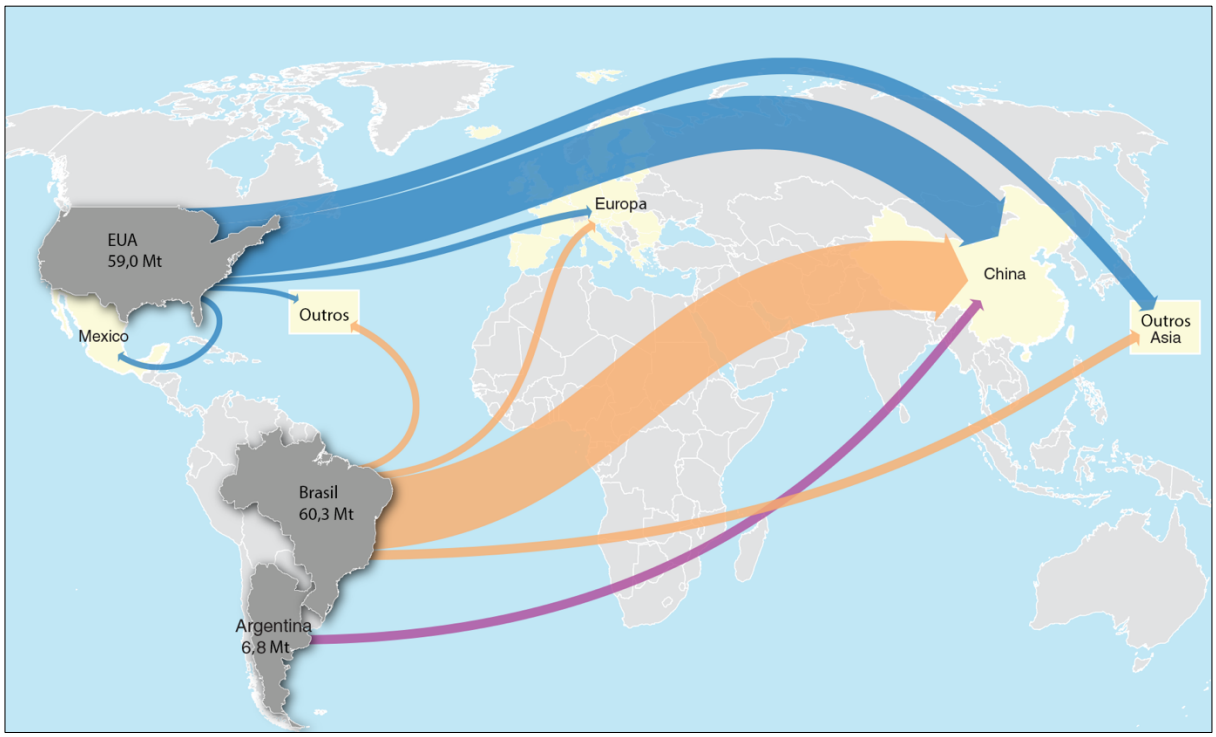


Fonte: adaptado de U.S. Grains Council (2018) e USDA (2018b).

Por conta da localização, a principal concorrência entre os produtores do Brasil e dos EUA, está no custo total com qual a *commodity* é entregue no porto de destino, incluindo desde os custos de produção até aos de transporte marítimo, e os transporte da fazenda produtora até ao porto marítimo de exportação, conhecido como porteira ao porto (SALIN; SOMWARU, 2018). Muitas vezes, o transporte depende de uma combinação complexa de soluções que influenciam a competitividade do grão.

A *United States Department of Agriculture* (USDA), que é o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, realiza estudos e acompanha a soja globalmente, em virtude da importância à economia dos EUA, publicou estudo contendo um mapa que demonstra claramente a concorrência entre os dois maiores produtores, Brasil e os EUA, para exportar sua produção de soja, e como a China é o principal destino. O terceiro maior exportador global de soja, Argentina, também está no mapa da Figura 3, porém, ao representar os volumes por meio da largura das setas de fluxo, é visível como a principal competição está entre os produtores dos EUA e do Brasil para a safra de 2016/2017 (GALE; VALDES; ASH, 2018).

Figura 3. Principais exportadores de soja e os destinos em 2016/2017, em milhões de toneladas (Mt)



Fonte: Gale, Valdes e Ash (2018)

O Banco Mundial (*World Bank*), demonstra a competitividade da logística e sua importância no comercio internacional por meio de relatórios anuais, divulgando o Índice de Desempenho Logístico (*Logistics Performance Index* - LPI), composto por seis índices, sendo que um, chamado de infraestrutura, representa a qualidade da infraestrutura relacionada ao comércio e transporte, incluindo a estrutura portuária, e os modais de transporte de cada um dos 160 países (ARVIS et al., 2018).

Dos 160 países avaliados em 2018, o LPI medido em uma escala de 0 a 5, onde o menor número representa a pior avaliação, e o maior número indica o melhor desempenho da logística, o LPI do Brasil foi de 2,99, colocando o país na 56ª colocação mundial. Avaliando somente o índice da infraestrutura, a obtenção de 2,93 coloca o Brasil na 50ª colocação. Na Tabela 1, o LPI geral e o índice específico da infraestrutura do Brasil foi comparado com a Alemanha, primeira colocada dos 160 países e o outro maior exportador de soja do mundo, EUA, permitindo uma comparação da competitividade logística do Brasil com os EUA.

Tabela 1. Comparativo da classificação do índice geral de LPI e o índice de Infraestrutura da Alemanha, EUA e Brasil em 2018

Indicador	País	2018	2016	2014	2012	2010	2007
LPI - Infraestrutura	Alemanha	1	1	1	1	1	3
	EUA	7	8	5	4	7	7
	Brasil	50	47	54	46	37	49
LPI - Total	Alemanha	1	1	1	4	1	3
	EUA	14	10	9	9	15	14
	Brasil	56	55	65	45	41	61

Fonte: Adaptado de Arvis et al. (2018)

O índice LPI do Banco Mundial não permite identificar especificamente o custo de transporte de soja da porteira ao porto, que está incluído no índice específico de infraestrutura, mas permite identificar que a infraestrutura de transporte e comércio é bem abaixo do mesmo índice dos EUA, seu maior competidor nas exportações de soja.

Os custos de transporte da porteira ao porto do Mato Grosso são maiores que os do Centro-oeste Americano, enquanto o custo do transporte marítimo entre os portos marítimos Brasileiros e Norte Americanos até à China não apresentam tanta variação (USDA, 2018a). Para competir em semelhança de rentabilidade nos mercados internacionais, a soja brasileira precisa ser negociada a preços menores para ter o mesmo custo final no porto de Xangai. Enquanto o custo médio de transporte da porteira ao porto nos EUA representam 13,7% do custo total da soja entregue em Xangai, o mesmo custo no Mato Grosso foi de 18,4% no final de 2018 (USDA, 2019b), com impacto direto na rentabilidade do produtor Brasileiro.

No Brasil, como nos EUA, os preços internacionais para comercialização da soja têm como referência os preços indicados pela Bolsa de Chicago (*Chicago Board of Trade* - CBOT), onde é negociada a maior parte de grãos produzidos no mundo em contratos futuros de compra e venda (AGUIAR; FERREIRA, 2019; ECONOMIST, 2004; IMEA, 2019a).

Após a legalização e adoção do plantio de soja geneticamente modificada, ou soja transgênica no Brasil, a produção de soja passa de 32,3 milhões de toneladas para 68,7 milhões de toneladas, aumentando 112,4% entre 2003 e 2013, conforme dados da CONAB (2015). Este aumento expressivo de volume de soja exportado pelos portos marítimos capazes de operar com a *commodity* neste período passou a

enfrentar dificuldades, pois os quatro principais portos – Santos, Paranaguá, São Francisco do Sul e Rio Grande, todos no Sul e Sudeste do país, e que movimentaram 66% de todas as exportações de soja em 2010, não tinham infraestrutura necessária para lidar com o crescimento da quantidade e frequência de caminhões levando a soja aos portos, e estrutura de armazenamento portuário, ou acostados e equipamentos para carregar os navios enfileirados na área de fundeio no entorno dos portos. A partir de 2010, o termo “apagão logístico” passou a ser utilizado para definir as longas filas de espera de caminhões nos acessos às áreas portuárias, e grande número de navios nas áreas de fundeio destinadas para a espera dos navios graneleiros, aguardando sua vez de carregar a soja no pico da colheita da safra.

A Tabela 2 elucida o impacto na demora para atender os navios nos quatro principais portos exportadores de soja, com destaque ao porto de Paranaguá, que passou a demorar até a média de 35 dias em 2015 para atender um navio graneleiro em espera. Em 2010, a mesma média era de 10 dias, e nos demais três portos, entre 2 e 11 dias. Em 2015, Santos, o porto mais ágil dentre os quatro portos, tinha uma espera média de 7 dias (ANTAQ, 2020a). O tempo médio dos quatro principais portos exportadores de soja em grão, ponderado pelo volume e tempo de cada porto, passou de 7,4 dias em 2010 para 16,3 dias em 2015.

Tabela 2. Média de dias de espera para um navio para soja ser atendido pelo porto

	Ano									
Porto	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Paranaguá	10,7	13,3	26,4	22,5	23,7	35,1	32,7	10,8	10,5	9,1
São Francisco do Sul	11,0	9,8	7,6	16,2	9,5	10,8	10,8	10,0	9,0	5,7
Santos	5,8	2,8	5,3	6,2	7,5	7,0	7,6	7,2	7,3	6,5
Rio Grande	1,3	3,5	3,2	8,6	8,2	12,1	6,1	5,0	3,2	2,2

Fonte: ANTAQ (2020a)

A condição desfavorável chamou a atenção aos portos do Arco Norte, responsáveis por exportar 7,2 milhões de toneladas de grãos e farelo de soja em 2009, e que alcançaram 27,7 milhões de toneladas em 2017 (FAYET, 2018). O Arco Norte, termo que passou a ser utilizado pela Confederação Brasileira de Agricultura (CNA) no início de 2000 (MARINHA, 2010, 2013), era inicialmente considerado como englobando os portos da Bacia Amazônica e de São Luiz, localizado no norte e

nordeste do país. Até 2009, o conceito de Arco Norte evoluiu para considerar todos os portos marítimos brasileiros de exportação ao norte do 16º paralelo em relatórios formais (CONAB, 2017; DEPUTADOS, 2016; FAYET, 2018). Os portos tradicionais do Sul e Sudeste do país, ao sul do 16º paralelo, passaram a ser conhecidos como portos do Arco Sul.

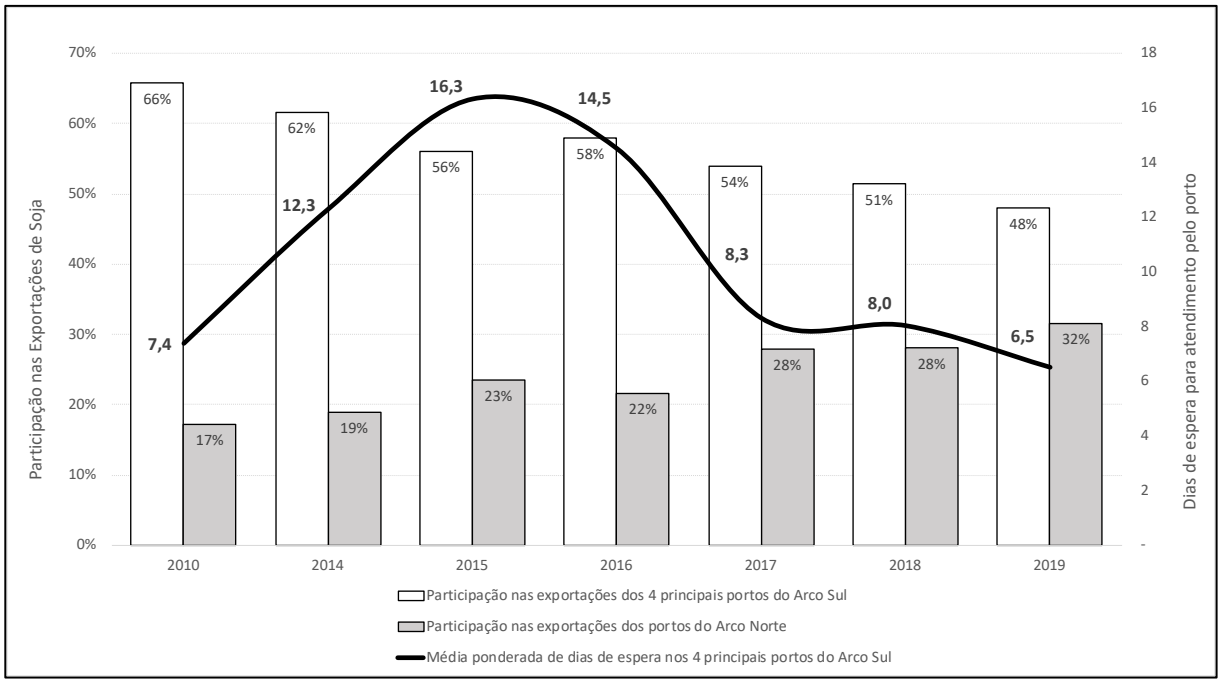
A Secretaria de Portos (SEP), vinculada ao Ministério da Infraestrutura, define todos os portos que recebem navegação de longo curso como portos marítimos, sendo “aqueles aptos a receber linhas de navegação oceânicas, tanto em navegação de longo curso (internacionais) como em navegação de cabotagem (domésticas), independente da sua localização geográfica” (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2017). Portanto, os portos exportadores de soja do Arco Norte, mesmo localizados em rios, são denominados como portos marítimos.

As dificuldades e restrições de lidar com os grandes volumes de soja sendo exportados pelos portos do Arco Sul (BARBOZA, 2014), aliados aos elevados custos de transporte da porteira ao porto, primordialmente rodoviário, estimularam investimentos privados em novas instalações portuárias graneleiras no Arco Norte, aumentando significativamente a capacidade de exportar a soja. Aliado às vantagens da multimodalidade no transporte, que reduziu os custos logísticos da porteira ao porto, e consequente aumento da competitividade dos grãos exportados pelo Mato Grosso, região mais distante dos portos marítimos exportadores, o Arco Norte passou a concorrer diretamente pelos grãos produzidos no Mato Grosso – principalmente os localizados na Bacia Amazônica que utilizam o transporte hidroviário na solução multimodal de transporte da porteira ao porto.

Em 2010, havia apenas cinco portos marítimos exportadores de soja no Arco Norte, dos quais apenas dois estavam na Bacia Amazônica: um em Itacoatiara/AM, e outro em Santarém/PA. A partir de 2014, os primeiros novos portos na região de Barcarena iniciaram suas operações (ANTAQ, 2020a), e em 2015, já haviam sete portos marítimos operando com exportações de soja no Arco Norte, sendo cinco na Bacia Amazônica. A Figura 4 demonstra a evolução dos volumes de soja exportados pelos portos do Arco Norte, passando de uma participação de 17% para 32% das exportações do Brasil entre 2010 e 2019. O aumento coincidiu com a redução das dificuldades logísticos dos principais portos do Arco Sul, refletida no tempo médio de espera de navios para o seu atendimento, quando o Arco Norte passou a exportar por

meio de seus oito portos marítimos, seis dos quais nos rios da Amazônia, nas bacias hidrográficas da Amazônia e do Tocantins-Araguaia (ANTAQ, 2020a).

Figura 4. Evolução do tempo de espera para atendimento de navios em fundeio nos quatro principais portos exportadores de soja em grão, e da representatividade das exportações pelo Arco Norte no total das exportações de soja.



Fonte: Elaborado com base na ANTAQ (2020a)

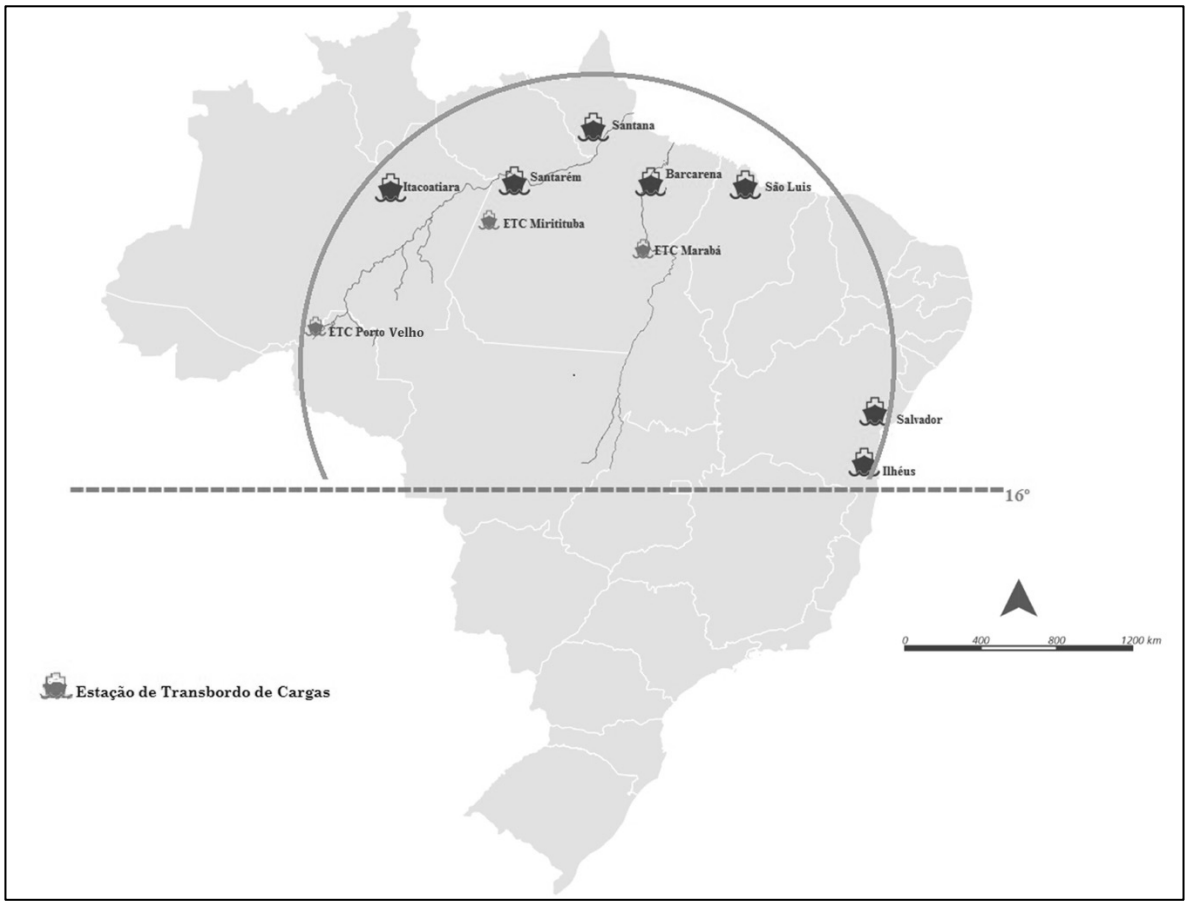
Estes seis portos marítimos exportadores de soja do Arco Norte dos rios da Amazônia estão localizados em quatro principais polos: Itacoatiara/AM, Santarém/PA e Santana/AP, todos no Rio Amazonas, e os portos da região de Barcarena/PA, no Rio Pará. Os demais estão no litoral do Nordeste brasileiro, conforme pode ser visualizado no mapa da Figura 5.

Desde que os adequados princípios de armazenamento estejam mantidos, soja é um grão que não deteriora facilmente (CHARLES; HURBURGH, 2008). Portanto, a variável do tempo na logística e transporte não é tão importante quanto os custos.

Geralmente, o transporte rodoviário é o modal mais utilizado no Brasil. As distâncias do Mato Grosso aos portos marítimos de exportação e os elevados custos do transporte rodoviário impactam nos custos do transporte da porteira ao porto. O transporte multimodal, que é a combinação de diferentes modais, pode ser a melhor opção para reduzir os custos do transporte, mesmo podendo ser mais lento. No caso

dos portos exportadores do Arco Norte da Bacia Amazônica, a multimodalidade é a combinação de transporte rodoviário com hidroviário.

Figura 5. Portos marítimos do Arco Norte que escoam soja e milho



Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (2019)

Em 2014 o Mato Grosso exportou 2.658.390 toneladas de soja pelos portos marítimos do Arco Norte, representando 18,7% de suas exportações. Os portos da Bacia Amazônica responderam por 81% do volume, ou 15,2% das exportações de soja do MT (IMEA, 2015). Em apenas cinco anos, considerando os volumes dos primeiros 11 meses de 2019, os mesmos portos do Arco Norte na Bacia Amazônica exportaram 7.590.552 toneladas de soja, representando 39% do total de exportações de soja do MT (IMEA, 2019a).

A produção total de soja do Mato Grosso estimada para 2019 é de 32,5 milhões de toneladas (IMEA, 2019a). Para 2028, a projeção é de alcançar uma produção de 50,7 milhões segundo o Instituto Mato-grossense de Economia Agropecuária (IMEA) (2019b), aumentando em 56% o volume de soja em menos de uma década. Se

projetarmos a atual representatividade dos portos Amazônicos do Arco Norte, haverá um aumento de 4,3 milhões de toneladas de soja, sem considerar os demais produtos agrícolas exportados pelo Mato Grosso pelo Arco Norte, como milho e farelo de soja.

Este aumento de exportação requer uma capacidade logística de transportar os produtos da porteira ao porto. Os portos marítimos do Arco Sul recebem a soja exportada pelo Mato Grosso por meio do modal rodoviário, e multimodal, combinando rodoviário com ferroviário. Existem rodovias e a concessão pública das ferrovias, que atendem a demanda e concorrendo entre si para o atendimento da logística da exportação dos grãos. No Arco Norte, a projeção do aumento de volumes, principalmente transportados pelo Rio Tapajós, estimulou investimentos públicos na melhoria e asfaltamento da rodovia BR-163 entre o Mato Grosso e as Estações de Transbordo de Carga (ETC) no distrito de Miritituba, em Itaituba, Pará, onde a carga é transferida do modal rodoviário para o modal aquaviário, seguindo até os diversos portos marítimos nos rios da Amazônia do Arco Norte (OLIVEIRA, 2019).

Há poucos operadores especializados no transporte de grãos em granel na Amazônia, resultando em ambiente de pouca concorrência, principalmente pelo fato de a maioria pertencer a operadores logísticos verticalizados, proprietários das ETC, dos ativos do transporte aquaviário, e dos portos marítimos de exportação dos grãos. Com investimentos em novas ETC e portos marítimos nos rios da Amazônia que não pertencem a grupos econômicos que oferecem soluções logísticas integradas, existe potencial para criar uma transportadora aquaviária, especializada em transporte de grãos em granel, para ofertar serviços de transporte entre qualquer ETC e porto marítimo exportador de soja nos rios da Amazônia.

Deste contexto, surge o problema da pesquisa deste trabalho: qual é um modelo de custos sustentável para uma empresa de transporte aquaviário de soja em granel no Arco Norte, aproveitando a oportunidade de demanda crescente por soluções logísticas neste corredor?

Com a resposta deste problema, esta dissertação apresenta uma Pesquisa Operacional que objetiva elaborar um modelo que identifique os custos para transportar soja no Rio Tapajós até aos portos marítimos exportadores do Arco Norte, situados nos rios da Amazônia, possibilitando avaliar a rentabilidade de um investimento no transporte aquaviário para atender o crescente volume de soja transportado.

Dentre os resultados esperados, além da elaboração de um modelo matemático para simulação de sistemas de eventos discretos, que espelha uma análise dos elementos mais relevantes para o problema, permitindo identificar os custos de transporte. Assim, são identificadas as principais variáveis que impactam nos custos, sendo propostos os fatores críticos para o sucesso, a partir dos quais, poderão ser formuladas estratégias de negócio pelas empresas interessadas em potencializar seus resultados na região. Oportunidades adicionais de ganhos também foram identificadas e estão detalhadas no trabalho.

A seguir, são detalhados os objetivos gerais e específicos.

1.1 OBJETIVOS

Elaborar uma análise de custos, permitindo estudo de oportunidades de negócios voltados para o transporte fluvial de soja em grãos, tendo como origem Miritituba, no Rio Tapajós, e destino os portos fluviais exportadores do Arco Norte, ofertando uma possibilidade de seleção assertiva e rentável das operações logísticas.

A partir do objetivo geral, foram definidos os objetivos específicos detalhadas a seguir:

1.1.1 Desenvolver um modelo matemático para simulação de sistemas de eventos discretos dos recursos de transporte fluvial adaptado às peculiaridades e características de transporte fluvial de soja em granel nas hidrovias do Arco Norte.

1.1.2 Identificar os principais fatores críticos ao sucesso que impactam nos custos da logística fluvial de Navegação Interior no Arco Norte, tendo como origem Miritituba, e destino os portos de Longo Curso de Santarém, Itacoatiara, Santana e Barcarena.

1.1.3 Estudar as combinações e como as variáveis identificadas do sistema de transporte fluvial se relacionam com os custos do transporte fluvial de soja a granel nas hidrovias do Arco Norte.

Estes objetivos irão reunir as informações e dados necessários para elaboração de um modelo que permite definir qual a melhor configuração de ativos e rotas para explorar a atividade de transporte de soja em grãos em barcaças graneleiras. A justificativa é detalhada a seguir.

1.2 JUSTIFICATIVA

Não foi possível identificar na literatura, um modelo específico de custos de transporte fluvial com aplicabilidade às peculiaridades e características das hidrovias da Amazônia, para definir qual a melhor configuração de ativos e rotas para explorar

a atividade de transporte de soja em grãos em barcaças graneleiras a partir de Miritituba, no Rio Tapajós, aos portos fluviais exportadores do Arco Norte.

Nas pesquisas realizadas, foi possível identificar alguns trabalhos que exploram o tema, porém, não oferecem a solução almejada por esta dissertação. Na sua maioria, estudam o transporte fluvial em hidrovias da Europa, e tem um tratamento genérico de cargas e tamanhos de embarcações. O tratamento de cargas diferentes, como granéis líquidos, ou carga acondicionada em contêineres, implica em operações e custos diferentes. Da mesma forma, os custos de operação e gestão de uma embarcação autopropulsionada com capacidades de cargas menores, comparado a um conjunto de embarcações não propulsionadas empurradas por uma embarcação propulsionada, também resulta em custos de operação e gestão diversos.

Dentre os trabalhos pesquisados e que contribuem para este trabalho, está o artigo recente de autoria de Al Enezy et al. (2017), sobre um modelo de como calcular custos de transporte aquaviário em vias de interior por tipo de embarcação, considerando os custos fixos e variáveis da perspectiva de proprietários das empresas de navegação, além de elementos de custos externos para o transporte aquaviário. Os autores avaliaram mais de 15 modelos de custos de transporte aquaviário, e na conclusão, destacaram a necessidade de utilizar dados específicos para cada tipo de operação, embarcação e características específicas das viagens, concluindo que raramente a utilização de valores referenciais ou médias resultam em valores acurados.

O referido artigo de Al Enezy et al. (2017) permitiu servir de base para evoluir os entendimentos de um modelo para cálculo dos custos de transporte fluvial de soja nas hidrovias do Arco Norte, para considerar as peculiaridades e características específicas da região e tipo de carga deste trabalho.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo de caso contemporâneo com dados quantitativos tem como objetivo identificar a melhor configuração de ativos e rotas para explorar a atividade de transporte de soja em grãos em barcaças graneleiras. Como tal, o estudo será limitado, tendo o foco específico voltado para as variáveis diretamente inerentes, abordando as variáveis listados a seguir.

Adicionalmente, outras oportunidades de melhoria fora do escopo identificadas no decorrer do estudo, serão apresentadas na conclusão.

1.3.1 SOJA EM GRANEL

O estudo está limitado ao grão da planta leguminosa de soja, também conhecida como o grão da soja, presente na alimentação humana há milênios, e chegando ao Brasil em 1882. O grão brasileiro passa a ser referenciado nas estatísticas internacionais somente em 1949, quando pela primeira vez, o país é citado como produtor de soja (BONATO; BONATO, 1987). Na atualidade, o Brasil é o maior produtor e exportador do grão, com uma expectativa de alcançar uma produção de 123 milhões de toneladas de soja na safra de 2019/2020, dos quais 76 milhões de toneladas deverão ser exportadas em 2020 (USDA, 2019a, 2020).

1.3.2 TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DE SOJA EM GRANEL POR MEIO DE COMBOIOS DE BARCAÇAS GRANELEIRAS FLUVIAIS

Em virtude do objetivo específico, apenas o transporte aquaviário será avaliado, limitado ao transporte de soja em granel, sem acondicionamento ou embalagem, por meio de chatas ou barcaças fluviais não propulsionadas, combinados em conjuntos conhecidos como comboios, e empurrados através de uma ou mais embarcações propulsionadas, conhecidas pelo termo empurrador (RABELLO, 2014).

1.3.3 ESTAÇÕES DE TRANSBORDO DE CARGAS NA REGIÃO DE MIRITITUBA

A ANTAQ define a Estações de Transbordo de Cargas (ETC) como "instalação portuária situada fora da área do porto organizado, utilizada, exclusivamente, para operação de transbordo de cargas destinadas ou provenientes da navegação interior" (ANTAQ, 2012). Apenas as ETC da região de Mirituba na margem direita do Rio Tapajós, no Pará, localizado na frente da sede do município de Itaituba na margem oposta, serão objeto do estudo. Serão consideradas as ETC específicas para transbordo de soja em granel do modal rodoviário ao aquaviário, com a soja chegando

pela rodovia federal BR-163, que liga região de Miritituba ao Norte do Mato Grosso, maior estado produtor e exportador de soja do país (CONAB, 2019a; IMEA, 2019b).

1.3.4 PORTOS MARÍTIMOS DE EXPORTAÇÃO DE GRÃOS DE SOJA EM GRANEL NA BACIA AMAZÔNICA

A partir das ETC da região de Miritituba, a soja em granel transportada por meio de comboios graneleiros, pode alcançar portos marítimos de exportação de soja localizadas nos municípios de Itacoatiara /AM, Santarém/PA, Santana/AP e portos da região de Barcarena/PA (RODRIGUES, 2018). Mesmo localizados nas margens de rios, a classificação dada pela SEP, do Ministério da Infraestrutura, para portos que recebem navios oceânicos de Longo Curso, é de porto marítimo (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2017). Os demais portos marítimos exportadores de soja em granel do Arco Norte não são alcançados por comboios graneleiros a partir das ETC de Miritituba e região, por estarem localizadas no litoral.

1.3.5 RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA AMAZÔNICA E TOCANTINS-ARAGUAIA A PARTIR DO RIO TAPAJÓS

Para alcançar os portos marítimos exportadores de soja em granel dos rios da Amazônia a partir de ETC de Miritituba, os Rios Tapajós, Amazonas, e Pará, farão parte do escopo deste estudo (PARÁ et al., 2017). Estes rios pertencem a duas bacias hidrográficas, que são a bacia hidrográfica Amazônica, que é ligada por diversos rios da região do Estreito de Breves com a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia (ANA, 2020a).

1.4 ESTRUTURA DO ESTUDO

A estrutura do estudo desta dissertação se apoia no fluxo elaborado por Quivy e Campenhoudt (1998), indicado para trabalhos exploratórios que alargam a perspectiva de análise aproveitando o conhecimento de autores pesquisados para promover reflexões sobre as diversas perspectivas do problema. A exploração dessas perspectivas permite compreender e estudá-las para condução sistemática de colheita

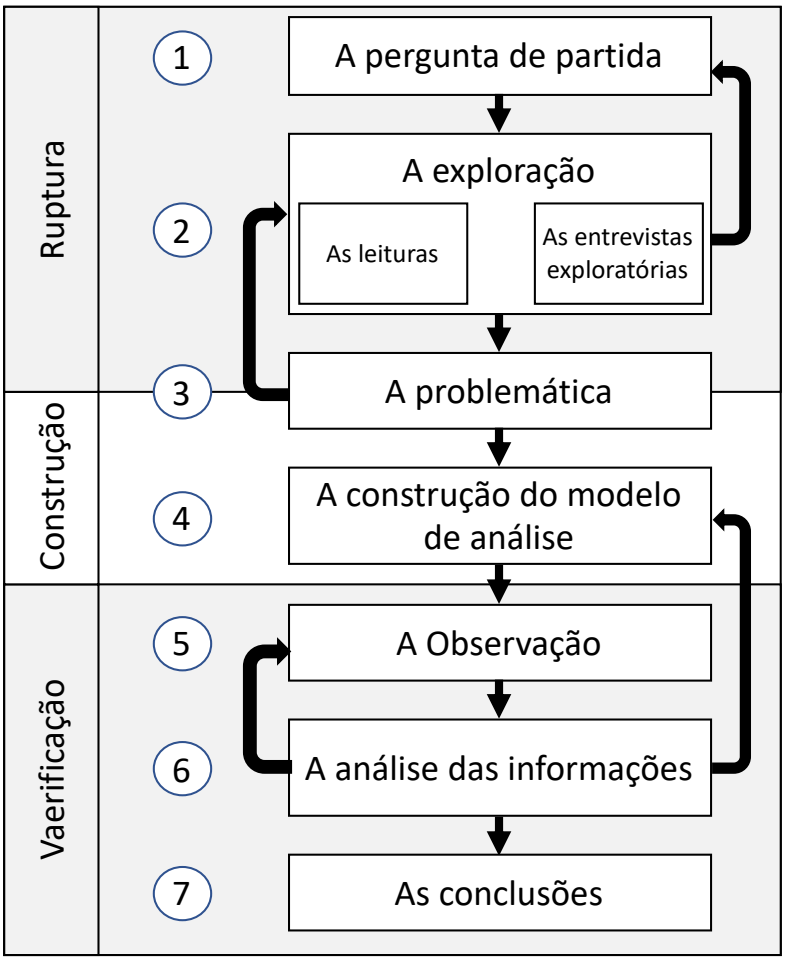
de dados, e por fim, a construção do modelo de análise. “Constitui a charneira entre a problemática fixada pelo investigador, por um lado, e o seu trabalho de elucidação sobre um campo de análise forçosamente restrito e preciso, por outro” (QUIVY; CAMPENHOUDT, 1998, p. 109).

Esta metodologia sugere que o procedimento científico básico seja realizado em sete etapas distintas, mas que não necessariamente segue um fluxo sequencial, podendo ser retroalimentado a qualquer momento no decorrer do trabalho, conforme exemplificado na Figura 6.

Estas sete etapas tem três fases distintas, segundo Quivy e Campenhoudt (1998), denominados ruptura, construção e verificação.

A primeira fase é da ruptura, que é a fase em qual o pesquisador se distancia de ideias inspiradas nas aparências imediatas, preconceitos e falsas evidências, que são uma armadilha, pois dão uma ilusão de compreensão.

Figura 6. Sete etapas do procedimento para estruturar um estudo científico



Fonte: Adaptado de Quivy e Campenhoudt (1998)

A segunda fase, é a construção. Nesta fase, o pesquisador passa a construir proposições explicativas do fenômeno estudado e definir um plano de pesquisa e quadro teórico de referências, e uma consequência que espera através da pesquisa. Dessa forma, as proposições são oriundas de um trabalho racional, fundamentado na lógica.

A terceira e última fase é da verificação, que se valida o estudo científico através de verificação ou experimentação dos fatos, atribuindo à proposição o estatuto de ser um trabalho científico.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A pesquisa científica é um procedimento formal, aplicando fases de um método para buscar conhecimentos e respostas para um problema (PRODANOV; FREITAS, 2013). O objetivo, segundo Prodanov e Freitas (2013), é “conhecer e explicar fenômenos, fornecendo respostas às questões significativas para a compreensão da natureza”, e como atividade científica completa, percorre fases, corroborando os resultados publicados pelos autores Quivy e Campenhoudt (1998).

Para contextualização, a pesquisa exploratória foi utilizada, por ser indicada para adquirir um entendimento mais amplo. Uma vez estabelecido conhecimentos amplos do problema e sua contextualização, foi aplicado a abordagem quantitativa para a pesquisa, que tem como foco identificar custos, e se apoia na lógica. As metas investigativas incluem controle, descrição, confirmação e testes de hipótese, e modo de análise é dedutivo, pelo método estatístico problema (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Com base nos critérios de desenhos de pesquisa científica, este trabalho é um estudo de caso, pois seu foco está relacionado ao estudo de fenômenos contemporâneos, inseridas em um contexto real (EASTERBROOK et al., 2008), e está apoiado em abordagem empírica e quantitativa.

Easterbrook et al. (2008) destacam que uma variedade de diferentes fontes de dados são tipicamente utilizadas em pesquisas de estudos de casos, para obter o máximo de dados e informações sobre os assuntos específicos a ela relacionadas.

Por tratar-se de problema específico e delimitado para qual não foi encontrado literatura específica, trabalhos semelhantes tratando de custos e sistemas de transporte aquaviário de interior de transportes, como rios, canais e lagos, foram incluídos nas pesquisados, buscando aprimorar o entendimento e contextualização para permitir maior entendimento, e delimitar as pesquisas mais específicas de dados e informações.

Também foi pesquisada literatura sobre avaliações econômicas de projetos de transporte e infraestrutura, identificando os principais métodos utilizados, e permitir escolher a metodologia mais adequada para esta pesquisa. Para enriquecer o conhecimento, além de projetos de transporte, foram pesquisados literatura sobre o transporte de soja, o transporte de grãos, transportes de granéis em geral, transportes aquaviários, e a cadeia de infraestrutura do transporte a partir da fazenda do produtor

até ao porto marítimo exportador, também conhecido como “porteira ao porto”, onde se insere o transporte aquaviário quando os grãos percorrem parte do trajeto em comboios fluviais para chegar aos portos exportadores.

Uma variedade de fontes para obtenção de dados e informações, como censos, dados secundários, manuais técnicos, relatórios, apresentações institucionais de fontes oficiais e agências governamentais foi estudada, bem como artigos acadêmicos, livros específicos de modelos de transporte, artigos da imprensa, *sites* de internet, abordando temas relacionadas a transporte de grãos, transporte aquaviário, custos de logística e transporte, agronegócios e logística, entre outros.

Dentre eles, destacam-se censos, relatórios, boletins técnicos e apresentações específicas voltadas para soja do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), do Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (IMEA), e do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, o *United States Department of Agriculture* (USDA).

Manuais e orientações oficiais para avaliação de projetos de transporte abrangido na literatura revisada incluem o da Empresa Brasileira de Logística S.A. (EPL), ligada ao Ministério da Infraestrutura do Brasil, e os da União Europeia*, European Union* (EU) e do Departamento de Meio-ambiente, Transporte e Regiões do Reino Unido, o *Department for the Environment, Transport and the Regions* (DETR).

As bases de artigos e outros textos do Portal de Periódicos provido pela Rede Nacional de Ensino e Pesquisa, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que permite acesso a diversas bases de literatura com abrangência global, como o Scopus (Elsevier), OneFile (Gale), Science Citation Index Expanded (Web of Science), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Springer (CrossRef), Taylor & Francis Online. Adicionalmente, foram feitas pesquisas nas bases do Google Acadêmico, ResearchGate e no Google.

Todas as fontes foram utilizadas para abranger o maior alcance de conhecimentos para a dissertação, incluindo entrevistas com especialistas do setor.

2.1 MODELOS MATEMÁTICOS LINEARES DE SIMULAÇÃO DISCRETA

A pesquisa operacional, que surgiu durante a Segunda Guerra Mundial na Inglaterra, busca resolver problemas de operações da maneira mais eficiente. Na

época, buscava soluções para operações militares, mas evoluiu para aplicações mais diversas, primeiramente na indústria siderúrgica, de carvão e de transportes, e depois para qualquer atividade operacional, com um enfoque científico sobre tomada de decisões (CARNEIRO et al., 2017). “A partir de um modelo de problemas de decisão, determina-se os objetivos a serem alcançados e as restrições sob quais deve operar”, segundo Carneiro et al. (2017). Portanto, são criados modelos matemáticos, que procuram imitar a situação real e são uma representação simplificada do problema objeto da pesquisa.

Dentre os principais elementos em um modelo matemático, três são essenciais: variáveis fundamentais, denominados variáveis de decisão; restrições ou limitações; e uma função matemática de uma combinação linear das variáveis fundamentais (CARNEIRO et al., 2017).

Miyagi (2006) define um modelo de simulação como uma “imitação de uma operação ou de um processo do mundo real”, e que geralmente diversos parâmetros que atuam sobre a operação do sistema simulado. Adicionalmente, indica que a simulação se estende a incluir além de sistemas existentes, a sistemas ainda em concepção, e, portanto, serve como ferramenta para avaliar ou validar um desempenho de um sistema antes que seja implementado.

O problema desta pesquisa trata de eventos discretos, que mudam apenas com as ocorrências dos eventos. O modelo matemático linear de simulação discreta, gera um cenário artificial do sistema simulado, baseado nas variáveis e restrições analisadas através das funções matemáticas, permitindo observações sobre o desempenho do sistema, seja ele uma simulação de uma operação real, ou ainda em concepção (MIYAGI, 2006). O modelo matemático linear de simulação discreta é, portanto, o modelo mais indicado para esta pesquisa, pois irá gerar cenários permitindo a escolha da melhor decisão e apresentar uma resposta ao problema.

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE PROJETOS

Há inúmeras metodologias para avaliar projetos e permitir tomada de decisões sobre investimentos para projetos de infraestrutura de transporte. Muitas vezes, decisões estão associadas a riscos em virtude de incertezas futuras e seus efeitos, e em um ambiente cada vez mais complexo, decisões importantes precisam ser

tomadas pelo investidor (HAEZENDONCK, 2007). Estas metodologias são consideradas sistemas de suporte a decisões (SAD) e auxiliam tomadores de decisões a identificar as melhores soluções para um determinado problema (BARFOD; SALLING; LELEUR, 2011).

Entre as diversas metodologias disponíveis, uma vem sendo utilizadas com maior frequência para avaliar decisões envolvendo sistemas de transporte. É a análise custo-benefício (*cost-benefit analysis* -CBA) (BARFOD; SALLING; LELEUR, 2011).

Este trabalho objetiva o estudo de custos de transporte, onde a atual política de Estado incentiva a iniciativa privada a preencher as necessidades da demanda por soluções de logística. Para a iniciativa privada, o principal motivador está voltado à remuneração do capital investido, podendo estender o benefício a outra organização vinculada através de custos totais nos menores patamares possíveis. Quaisquer benefícios sociais e ambientais oriundos do empreendimento serão considerados adicionais aos objetivos primários, e portanto, o critério CBA é a metodologia mais adequada.

A seguir, a metodologia CBA será detalhada.

2.2.1 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO (*COST-BENEFIT ANALYSIS* - CBA)

Segundo Watkins (2010), o CBA tem suas origens na França, onde o engenheiro Jules Dupuit faz referência em artigo publicado na metade do século XIX. Em sequência, o economista inglês Alfred Marshall introduz conceitos formais aos pensamentos do CBA iniciadas pelo Dupuit, mas apenas passa a ser desenvolvido e aplicação após a promulgação do decreto *Federal Navigation Act* de 1936, pelo governo Americano, exigindo que sejam executadas projetos de melhorias do sistema de hidrovias pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos, quando estes tem benefícios para a sociedade, que superam os custos dos projetos. Desta forma, o Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos estava na obrigação de desenvolver uma metodologia para medir os benefícios e custos, o que foi feito com pouco envolvimento de economistas ou instituições fora do exército. Somente nos anos 1950, economistas passaram a incorporar rigor científico aos métodos, que vem evoluindo desde então.

O CBA é atualmente uma das metodologias mais largamente utilizadas para avaliação de projetos de infraestrutura de transportes, permitindo tomadas de decisões quanto à viabilidade através de uma capacidade de monetizar os aspectos do projeto, tanto quanto aos benefícios, quanto seus custos (BERIA; MALTESE; MARIOTTI, 2012; JONES; MOURA; DOMINGOS, 2014; MACKIE; WORSLEY; ELIASSON, 2014). O seu uso mais frequente está associado a projetos de infraestrutura e transporte. A União Europeia (UE) requer que qualquer projeto acima de EUR 50 milhões na área de infraestrutura, tenha uma avaliação aplicando a metodologia CBA, conforme publicado no guia de CBA divulgado pela Comissão Europeia responsável pelas políticas regionais e urbanas CBA (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Além de indicar que CBA deverá ser uma ferramenta de gestão para as autoridades regionais e nacionais para mensurar em termos monetários todos os benefícios e custos de um projeto para a sociedade, a UE indicou que iria promover fóruns para compartilhar experiências e promover as melhores práticas para executar CBA.

No Reino Unido, CBA também é uma metodologia de apoio a decisões, e recomendada para investimentos em projetos de transporte rodoviário onde é possível trabalhar com valores monetários, executado pelo DETR. Em seu manual, onde define e aborda diversas metodologias, define CBA como uma análise que procura valorar os impactos de uma opção em termos monetários. A princípio, um projeto é desejável quando seus benefícios superam seus custos ou perdas. Há diversas técnicas de valoração, mas a maioria dos projetos se aproveitam de métodos conhecidos e valores reais para concluir a análise. O manual considera que dentre os atrativos como ferramenta, o CBA tem a vantagem de medir as decisões em uma unidade única e conhecida – a monetária – e, portanto, pode mostrar se uma decisão acerca da realização do projeto deve ser tomada, comparada a não realizá-lo (DETR, 2009).

Desde os anos 1980, as agências regulatórias dos EUA exigem para emitir nova regulação, uma avaliação de impactos conhecida como *Regulatory Impact Assessment* (RIA). O RIA contém dentre outras análises, o CBA, que é avaliada pelo Poder Executivo do governo dos EUA, podendo bloquear ou atrasar a promulgação da nova regulação caso o CBA não seja aprovado (POSNER, 2014).

No Brasil, em 2019, a EPL, que é uma empresa pública vinculada ao Ministério dos Transportes e atua no planejamento, estruturação e qualificação de projetos de

infraestrutura e transportes, divulgou o seu manual de CBA, onde indica que a metodologia “permite avaliar e comparar benefícios de um projeto em relação aos seus custos de implantação”, e que “a definição de um modelo padronizado de Análise de Custo-Benefício para a avaliação dos projetos de infraestrutura de transportes”, permitirá a análise, hierarquização e priorização de projetos de infraestrutura, reduzindo a subjetividade (EPL, 2019, 2020).

Análises CBA são úteis para um contraste entre os custos e os benefícios. A opção deste trabalho foi capturar a forma de coletas para este tipo de estudo e, com os dados, discutir a oportunidade para transporte de soja na área em estudo. Com isso, no Capítulo 3, o estudo de custos ao invés de usar uma análise de custos tradicional, apropria-se dos métodos do CBA para demonstrar os custos associados ao problema em estudo. Desta forma, as discussões estão concentradas nos Custos e Capacidades, percebidas como Benefícios, em uma leitura menos convencional do método.

2.3 SISTEMAS DE TRANSPORTE

Ballou (1993) refere-se a sistemas de transporte como “todo o conjunto de trabalho, facilidades e recursos que compõe a capacidade de movimentação”. Continua definindo que “esta capacidade implica o movimento de cargas e pessoas, podendo incluir o sistema para intangíveis, tais como comunicações”. Detalha ainda, que a maior parte é movimentada através de cinco modos básicos: ferrovia, rodovia, hidrovia, aerovia e dutovia, conhecidos como modais de transporte.

Kawamoto (2015), em seu livro dedicado ao tema de transportes, define sistemas de transporte como sendo “um conjunto de partes (veículos, vias, terminais) que se interagem de modo a promover deslocamento espacial de pessoas e mercadorias, segundo vontade dos usuários, programação dos operadores, e regras estabelecidas”. Ele tem uma visão clara que o sistema é composto por entradas e saídas, como pode ser observado na Figura 7, onde foram detalhadas exemplos das entradas, saídas, e dos sistemas.

Todo sistema de transportes depende de modais de transporte para funcionar, pois são por meio destes que os produtos ou pessoas são fisicamente levadas através

do espaço geográfico, medido em distância, de uma origem a um destino (deslocamento espacial).

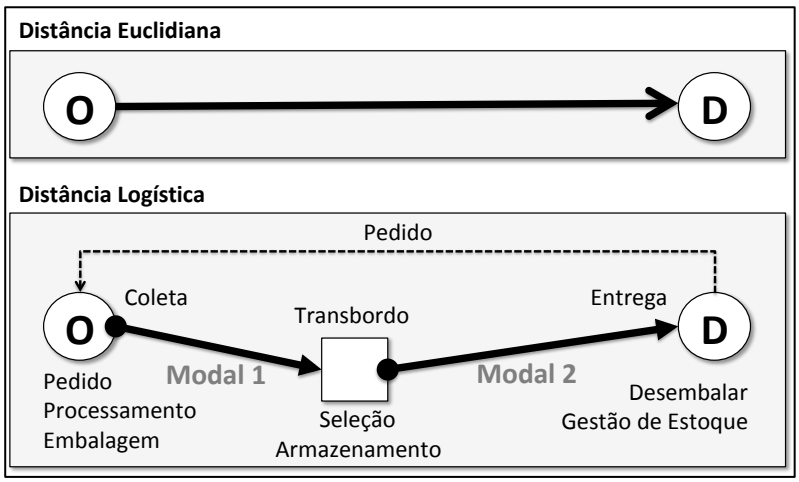
Figura 7. Sistema de Transporte



Fonte: adaptado de Kawamoto (2015)

No conceito da distância euclidiana, que é a distância mais curta entre dois pontos e que pode ser representada em quilômetros em um sistema de transporte, é comumente utilizado como representação aproximada de distância geográfica, porém, poucas vezes tem utilidade prática. A distância logística, que é uma representação muito mais complexa, é a expressão mais adequada, pois engloba todas as atividades requeridas para assegurar o transporte entre dois pontos (origem e destino). Inclui os fluxos físicos e as atividades necessárias para gerenciar estes fluxos, e contempla diversos fatores como processamento de pedidos, embalagem, segregação e gestão de estoques, e a distância geográfica acaba sendo menos relevante que custo ou tempo. Na Figura 8, há uma comparação dos dois tipos de representação de distâncias (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

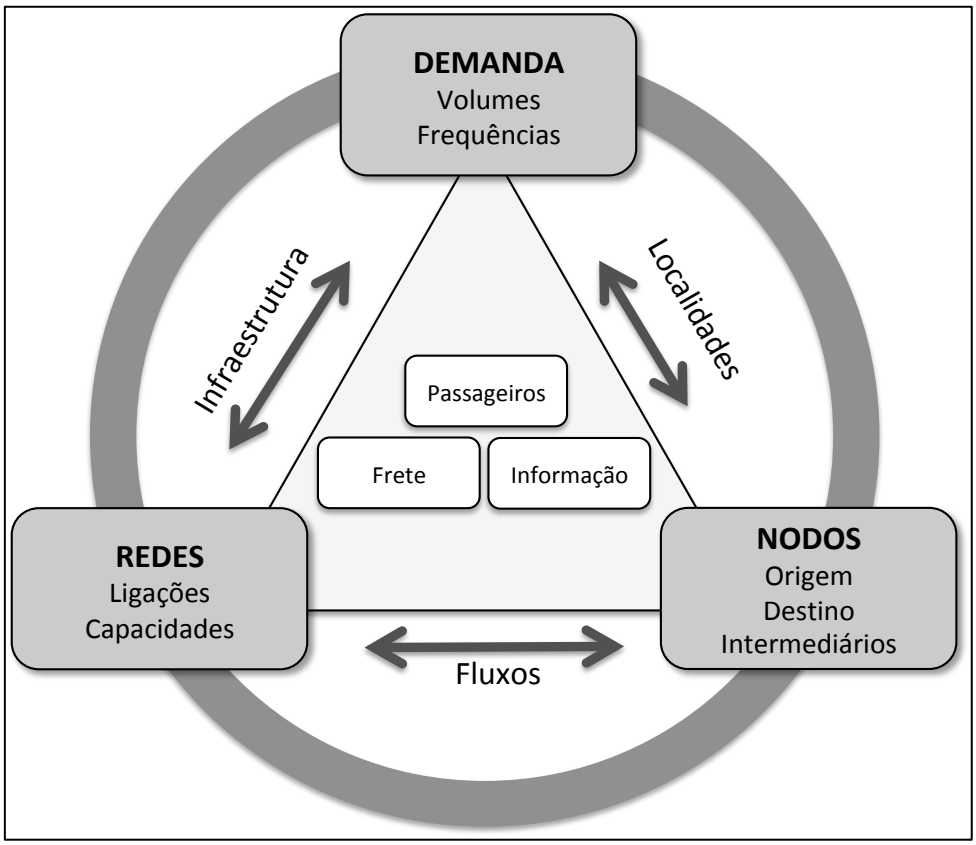
Figura 8. Dois Tipos de Representação de Distâncias



Fonte: adaptado de Rodrigue, Comtois e Slack (2017)

Considerando os conceitos de distância logística e as definições de Ballou (1993) e Kawamoto (2015) sobre sistemas de transporte, é possível representar o sistema de transporte integrando três funções chave: demanda de transporte, derivada da necessidade de transpor uma distância física; redes de transporte, que são as infraestruturas físicas e terminais necessárias para suportar o transporte físico; e os nodos de transporte, que são as ligações ou nodos que permitem transbordos, são paradas intermediárias, ou terminais onde são iniciadas os fluxos, conforme Rodrigue, Comtois e Slack (2017), conforme Figura 9.

Figura 9. O Sistema de Transporte



Fonte: Rodrigue, Comtois e Slack (2017)

A representação de sistemas de transporte de Rodrigue, Comtois e Slack (2017), é uma representação mais próxima à realidade de transportes em cadeias mais complexas, principalmente de cargas, que utilizam diversos modais de transporte. Esta opção permite explorar as vantagens que cada modal pode oferecer, e será explorado na seção seguinte.

2.3.1 MODAIS DE TRANSPORTE

Ballou (1993) define modais de transporte como “os modos de transporte” que é responsável pela movimentação da “carga e de pessoas, podendo incluir o sistema para distribuição de intangíveis”, destacando cinco principais modos básicos de transporte que movimentam a maior parte das cargas: ferrovia, rodovia, hidrovia, dutos e aerovias. Quando mais de um modo de transporte é utilizado por meio de integração de serviços em um sistema de transporte, é definido como multimodal.

Alguns atributos são determinantes na escolha do modal, “obedecendo critérios de racionalidade e economia de escala”, conforme Rodrigues (2014). Enumera ainda as principais variáveis para a sua escolha, conforme Quadro 1.

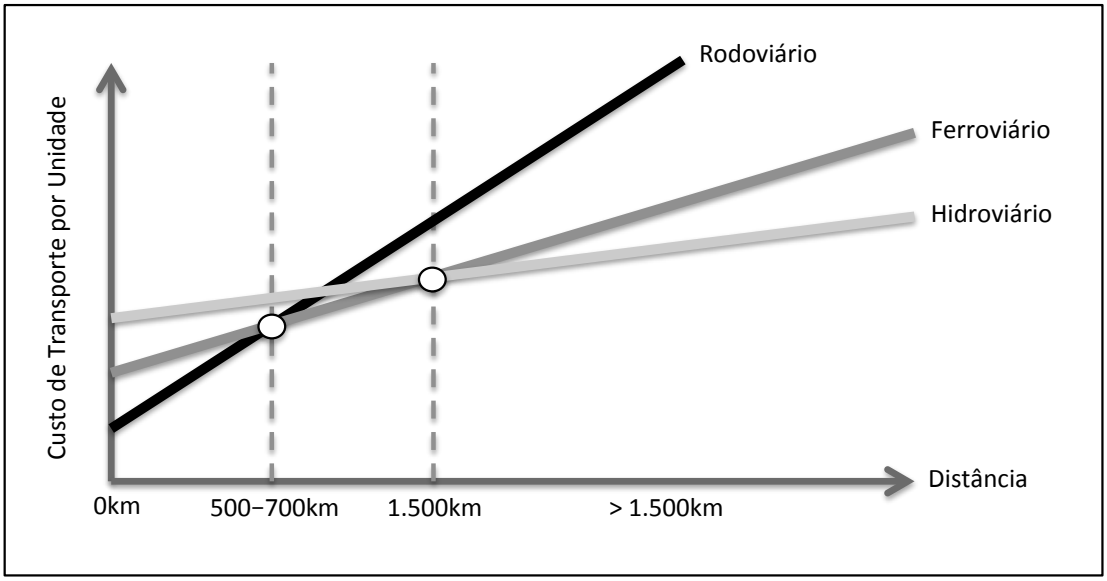
Quadro 1. As principais variáveis que afetam a escolha do modal de transporte

Natureza e Características da carga transportada
Tamanho do lote transportado
Restrições que os modais de transporte apresentam
Disponibilidade e frequência do transporte
Tempo de trânsito do transporte
Valor cobrado pelo transporte
Índices de sinistralidade ocorridas no transporte
Nível de serviço oferecido pelo transporte

Fonte: adaptado de Rodrigues (2014)

Cada modal possui vantagens operacionais e comerciais, possuindo funções de custos diferentes de acordo com as distâncias percorridas. Rodrigue, Comtois e Slack (2017) elaboraram a Figura 10, para demonstrar de forma simplificada a interação entre os três modais que mais movimentam carga, mas chamam atenção que deve ilustrar apenas o conceito de competição entre modais, pois assume a premissa que os modais são intercambiáveis, o que nem sempre é possível, dependendo da localização que pode oferecer ou não um tipo de modal.

Figura 10. Escolha modal, distâncias e custos de transporte



Fonte: adaptado de Rodrigue, Comtois e Slack (2017)

Na prática, eles destacam que a maior parte das cargas que utiliza o modal ferroviário ou aquaviário irá necessitar de um terminal, e que geralmente a carga chega por meio do modal rodoviário. Também ressaltam que, em muitos casos, os modais se complementam, pois a escolha do modal é diretamente afetada pela localização ou posicionamento geográfico dos clientes e fornecedores (origem e destino), devido à disponibilidade dos modais de transporte nas referidas localizações (BERTAGLIA, 2016; RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017). Quando nem todos os modais de transporte estão disponíveis, acaba por limitar a escolha do modal, e deverá ser relevado nos estudos das melhores alternativas.

2.3.1.1 RODOVIÁRIO

O modal rodoviário tem suas origens históricas anterior ao transporte motorizado, através de tração animal ou até humana, mas com a motorização no início do século XX, deslanchou (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017). Por conceito, o transporte rodoviário é o transporte terrestre “feito através de ruas, estradas e rodovias, sejam elas pavimentadas ou não, com a intenção de transpor de um ponto ao outro, produtos, animais ou pessoas” (FERREIRA, 2017).

O modal Rodoviário é considerado o mais utilizado na maior parte do mundo, e deve ser favorecido para transporte de volumes menores e distâncias menores. Ballou (1993) indica que a distância média da viagem de um transportador é de 300 milhas, cerca de 500 quilômetros, e que mais da metade das cargas transportadas são de até 10.000 libras, ou 4,5 toneladas. Pela capilaridade e disponibilidade da infraestrutura – estradas e rodovias – é o modo de transporte que oferece a maior flexibilidade e níveis de serviço, capaz de transportar quase qualquer tipo de carga por distâncias curtas e médias, principalmente dentro de centros urbanos e localidades remotas.

Dentre as vantagens sobre os demais modais de transporte, pode ser destacado que o custo de capital envolvido para adquirir um veículo de transporte de carga, é o mais baixo dos modais de transporte, facilitando a entrada de novos prestadores de serviço e aumentando a competição e variedade de oferta de serviços. A velocidade média relativamente alta também é uma vantagem, permitindo minimizar o tempo de viagem. E uma das maiores vantagens, sua flexibilidade, permite alterar a rota com facilidade, e levar o produto transportado até à porta do destino (BALLOU, 1993; RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

A popularidade desse modal, aliado à sua rápida expansão no último século, também representa um problema para a sociedade, que tem o desafio de congestionamentos e aspectos ambientais atrelados a este modal de transporte. Outro aspecto a ser considerado, são as restrições das vias, como limites de peso, comprimento ou até horários de operação, como em centros urbanos.

No Brasil, a atribuição de regulação, fiscalização e controle do transporte rodoviário de cargas é da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), regulado através da Lei no. 10.233 de 2001, em específico do Art. 26 (ANTT, 2014; BRASIL, 2001).

A Confederação Nacional do Transporte (CNT) divulgou em seu anuário de 2018, que o Brasil contava com 1.720,7 mil quilômetros de malha rodoviária, das quais apenas 213,5 mil quilômetros estavam pavimentados em 2017 – ou seja, 87,6% da malha rodoviária oficial não é pavimentada (CNT, 2018a). A frota de veículos de carga totalizava 5,9 milhões de veículos em agosto de 2018 (CNT, 2018b), conforme demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2. Detalhamento da Frota de Veículos de Carga no Brasil em 2018

Tipo de Veículo	Quantidade
Caminhão	2.748.700
Cavalo Mecânico	641.963
Reboque	1.571.816
Semirreboque	945.621
Total	**5.908.100**

Fonte: CNT (2018b)

A quantidade de veículos e o total da malha rodoviária, incluindo as vias não pavimentadas, indicam a prevalência desse modo de transporte para alcançar os pontos mais remotos e desprovidos de infraestrutura adequada para outros modais de transporte. Em comparação, o modal ferroviário tem uma malha de apenas 29,4 mil quilômetros de ferrovias excluindo as linhas de passageiros, representando apenas 13,8% comparado à distância das rodovias pavimentadas em 2017.

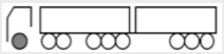
No mesmo ano, haviam 3.688 locomotivas em operação no Brasil. Segundo a CNT em seu Boletim Mensal de agosto de 2018 (2018b), o modal rodoviário foi responsável por transportar 61,1% das cargas no país em toneladas por quilômetro útil (TKU). A relevância do modal rodoviário na composição dos modais de frete no Brasil fica clara, quando comparado aos EUA, cuja dimensão geográfica continental é comparável ao Brasil, e onde também é o primeiro modal, mas representa 40,5% das cargas transportadas em 2016 em toneladas por milha (BUREAU OF TRANSPORTATION STATISTICS, 2018).

No transporte de grãos como soja e milho, o tipo mais comum para transporte rodoviário é a Composição de Veículo de Carga (CVC) conhecido popularmente como “bitrem”, de sete eixos, com um Peso Bruto Total Combinado (PBTC) até 57 toneladas (CNT, 2018a). Estas composições geralmente transportam 36 toneladas de grãos, não necessitando de uma Autorização Especial de Trânsito (AET) (DENATRAN, 2006). A partir da Resolução Nº 211 do Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (2006), a legislação passou a regular o uso de Composição de Veículo de Carga com Peso Bruto Total Combinado acima de 57 toneladas, até o limite de 74 toneladas. Estas CVC, geralmente conhecidas como “rodotrem” ou “treminhão”, devem ter nove eixos e podem transportar uma carga líquida de até 50 toneladas, desde que tenham uma Autorização Especial de Trânsito para seu transporte de cargas. O tipo de CVC

vem sendo adotado gradativamente no transporte de grãos, mas ainda não tem a prevalência das bitrens, que contavam com a regulação anterior a 2006, e também não necessitam da Autorização Especial de Trânsito, conforme a Resolução no. 68 de 23/09/1998 (CONTRAN, 1998).

Há outros tipos de Composição de Veículo de Carga que transportam grãos com capacidades menores, e que são contratados para auxiliar no escoamento de grãos no pico da safra, ou quando estes CVC oferecem os serviços de frete a valores competitivos. Conhecidos como “carretas”, tem apenas um semirreboque com cinco a sete eixos, transportando 30 toneladas de grãos. Os três tipos mais comuns para transporte de grãos no Brasil estão demonstrados na Figura 11.

Figura 11. Exemplos de CVC de alta capacidade mais utilizados para o transporte rodoviário de grãos no Brasil

Silhueta	CVC	Nome popular	No. Eixos	PBTC	Capacidade de Carga	Comprimento máximo	AET
	Caminhão Trator + Semirreboque	Carreta	5 - 7	47,5 – 54,5	30 ton	18,60m	não
	Caminhão Trator + Semirreboque + reboque ou semirreboque	bitrem	6 - 7	50 - 57	36 ton	19,80m	não
	Caminhão Trator + Semirreboque + reboque ou semirreboque	Rodotrem treminhão	9	65,5 – 74	50 ton	30,00m	sim

Fonte: adaptado da Portaria N. 63 do DENATRAN (2009)

Os principais tipos de Composição de Veículo de Carga utilizadas, indicadas na Figura 11, tem sido preferido no transporte de soja, em função da elevada capacidade de transporte de grãos, de entre 50 e 70 toneladas por viagem, maior que as carretas utilizadas no passado, com capacidades de aproximadamente 28 toneladas.

Estas capacidades maiores permitem que o transporte rodoviário possa se aproximar mais ao transporte ferroviário de grãos, que no Brasil transporta em média 100 toneladas por composição (vagão ferroviário), que é descrito a seguir.

2.3.1.2 FERROVIÁRIO

As ferrovias surgiram na Europa no início da Revolução Industrial no século XIX, após o advento das máquinas a vapor. Segundo Rodrigues (2014), a primeira estrada de ferro pública foi inaugurada em 1825 no Norte da Inglaterra, e a partir de 1830 se desenvolveu rapidamente no país e na Europa, por ser uma forma eficaz para carregar matérias primas para as fabricas, e destas expedir os produtos semiacabados ou acabados.

Como no transporte rodoviário, o transporte ferroviário está limitando pela fisiografia, dado as dificuldades da transposição de barreiras (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017). Mas por estar limitado aos trilhos da ferrovia devido à geometria requerida para as linhas férreas, não possui as liberdades do transporte rodoviário de escolha ou alternativas de rota. O limitado gradiente máximo dos trilhos e o raio mais amplo das curvas são fatores limitadores comparado ao modal rodoviário (ALBUQUERQUE, 2011), pois o conjunto de rodas da ferrovia, também conhecido como truque ferroviário, necessita tracionar e não possui a mesma capacidade de aderência que o conjunto de rodas rodoviárias possuem.

O modal de transporte ferroviário, apesar de seus custos de capital iniciais elevados, é considerado um modal competitivo pela sua capacidade de transportar grandes quantidades de produtos e pessoas por longas distâncias com mais eficiência em custos variáveis, sendo considerado mais eficiente que o transporte rodoviário para distâncias acima da faixa de 950 a 1.300km. Em média, a vida útil dos ativos rodantes é de 20 anos, permitindo amortizar os investimentos em mais tempo que no modal rodoviário. Dentre as vantagens que este modal oferece, está a capacidade de transportar elevada densidade com custos incrementais marginais, e que o torna atraente para transporte de cargas a granel – principalmente minérios, produtos agrícolas. Adicionalmente, dado seu consumo de energia por unidade por quilometro transportado menor que o modal rodoviário, é considerado a forma mais benéfica ao meio ambiente para transportes terrestres (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

No Brasil, o transporte ferroviários surgiu em 1845, quando o empreendedor Irineu Evangelista de Souza, conhecido como Barão de Mauá, vislumbrou os benefícios que as ferrovias estavam trazendo na Europa, e implantou a primeira linha férrea no Brasil, entre a Praia da Estrela e Petrópolis (RODRIGUES, 2014).

Na atualidade é regulada no Brasil pela autarquia federal Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que foi formalmente criada pela Lei no. 10.233 de 05 de junho de 2001, que é a mesma que também criou a Agência Nacional de Transportes Aquaviários em 2001 (BRASIL, 2001) e “tem por finalidade regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços e de exploração da infraestrutura de transportes, exercidas por terceiros”.

Segundo a CNT (2018a), a malha de ferrovias total, incluindo transportes metropolitanos de passageiros, era de 30.485km em 2017. No mesmo ano, transportou 538.780 toneladas de cargas e 1.214.440 passageiros. Apesar de expressivos, os números significativamente menores que os dos EUA, país com dimensões geográficas e perfil de cargas como minérios, combustíveis e *commodities* agrícolas semelhantes aos do Brasil.

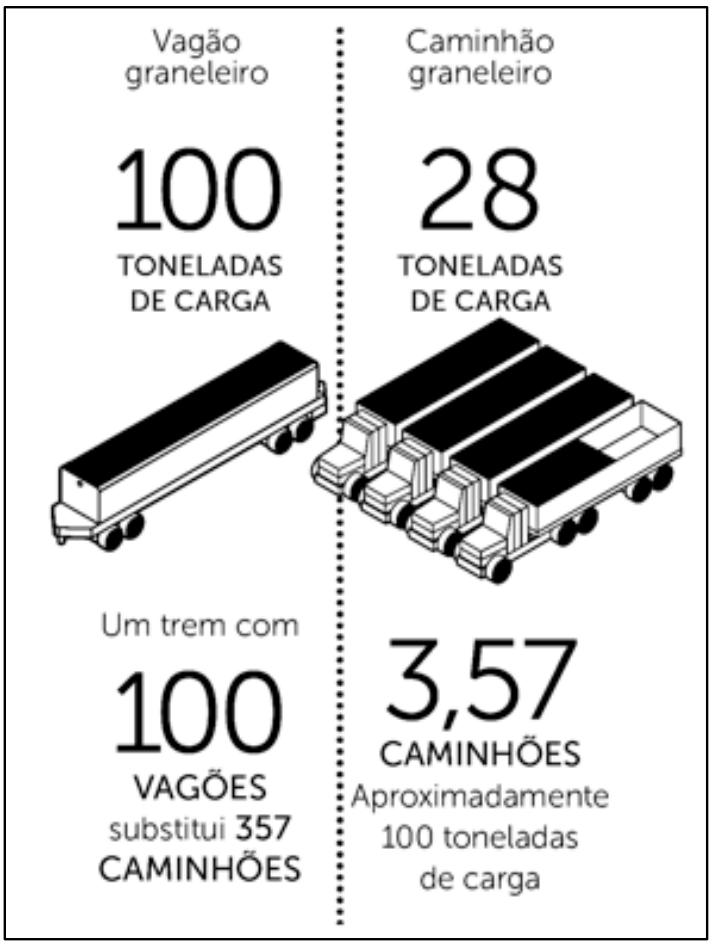
Entre 2009 e 2019, novas concessões públicas permitiram que a eficiência das ferrovias Brasileiras no transporte de cargas aumentou de forma significativa entre 2006 e 2017, passando de 238.370TKU para 375.239TKU, representando uma melhora de 57,4% em apenas 11 anos (ANTT, 2017; CNT, 2018a). A expansão da malha ferroviária, de 28.522km em 2006, para os 30.485km de 2017 contribuiu para o aumento do volume transportado no Brasil e consequente aumento de eficiência (CNT, 2016, 2018a).

Comparando a infraestrutura do Brasil com a dos EUA, que em 2017 registrou uma malha ferroviária de 150.215km, somente para transporte de cargas, não incluindo as linhas férreas de transporte urbano de passageiros e linhas locais, o transporte de cargas pelas ferrovias brasileiras é mais eficiente. Com uma malha quase cinco vezes maior que a brasileira, e que movimentou 1.157 milhões de toneladas – quase duas vezes mais que o Brasil em 2017, o transporte ferroviário dos EUA transportou apenas 7,7 toneladas por km de ferrovia no mesmo ano (USDOT, 2018). No Brasil, este índice foi de 17,7 toneladas por km de ferrovia (CNT, 2018a).

Nos dois países, o transporte ferroviário tem como utilização primordial o transporte de cargas e não possuem trens de alta velocidade para passageiros, como na Europa ou Ásia, onde o transporte de passageiros também é elemento importante deste modal (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017). Comparando as vantagens entre o modal ferroviário e rodoviário, destacam-se a capacidade de transporte de elevadas quantidades de carga – principalmente cargas granéis.

A concessionária Rumo S.A., que conta com uma malha ferroviária de quatro concessões, totalizando 12.021km da malha brasileira, teria sido responsável pelo escoamento de 40,9 milhões de TKU de farelo de soja, e granéis de soja e milho em 2018, utilizando vagões graneleiros, também conhecidos pelo termo inglês *Hopper*, com capacidade de 100 toneladas cada vagão (RUMO, 2017, 2018). Desta forma, comparado à carreta graneleira convencional semirreboque de 28 toneladas, é nítida a vantagem no transporte de granéis, como pode ser observada na Figura 12. A Rumo S.A. foi responsável por 60,9% de todo farelo de soja, e granéis de soja e milho movimentado pelas ferrovias em 2018 (ANTT, 2019) e opera com comboios de 80 vagões, mas está investindo para alcançar 120 vagões com capacidade de 100 toneladas cada em todas suas operações graneleiras, com atenção especial para o escoamento de grãos e açúcar.

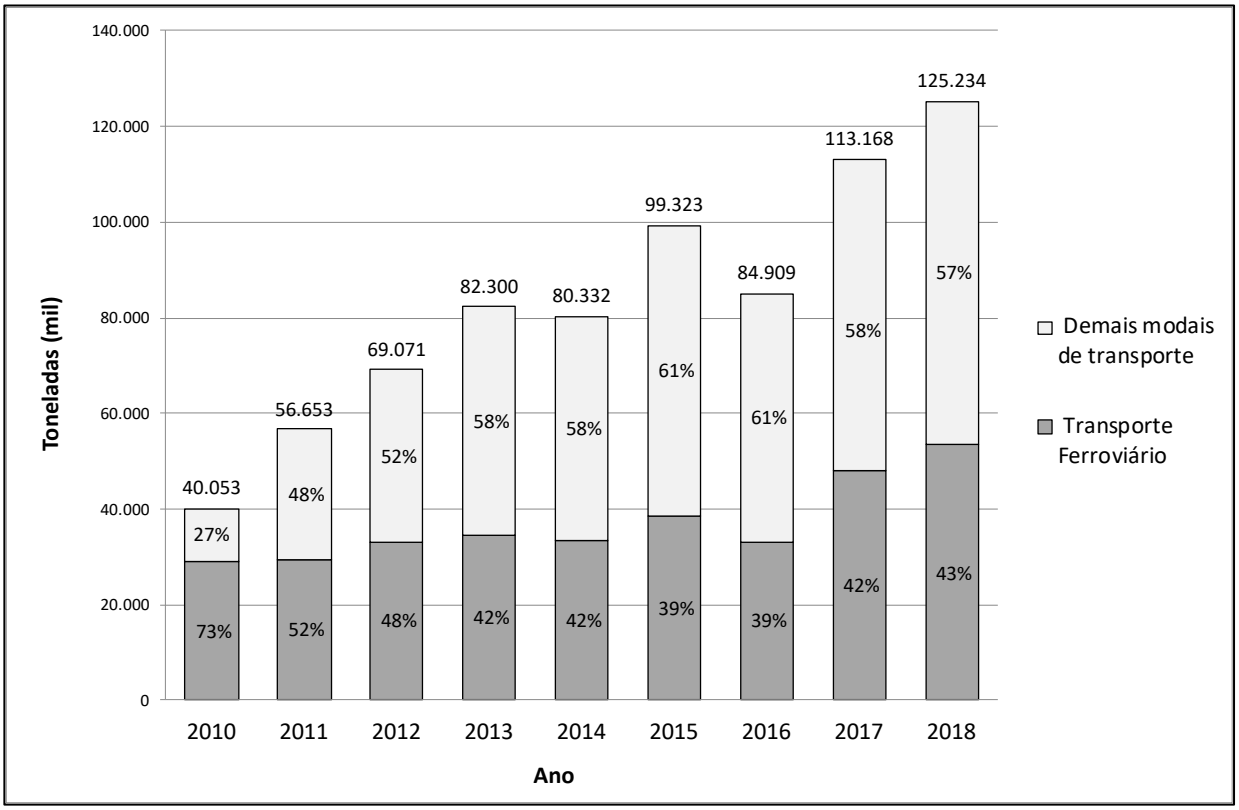
Figura 12. Comparativo de capacidades de carga no transporte de granéis sólidos agrícolas no modal ferroviário e rodoviário no Brasil



Fonte: Rumo S.A. (2017)

Segundo o Anuário Estatístico do Setor Ferroviário, em 2018, passaram pelos trilhos das ferrovias brasileiras, 53,36 milhões toneladas de farelo de soja, e granéis de soja e milho (ANTT, 2019), representando 43% do total exportado no ano, que segundo a Conab (2019b), foi de 125,23 milhões de toneladas. Como pode ser observado na Figura 13, entre 2010 e 2016, o modal ferroviário não acompanhou o crescimento do volume de exportações desses *commodities* agrícolas, mantendo os volumes transportados entre 30 e 40 milhões de toneladas, enquanto as exportações experimentaram crescimento expressivo, passando de 40 para 125 milhões de toneladas de farelo de soja e granéis de soja e milho exportados.

Figura 13. Participação do modal ferroviário no total de transporte de farelo de soja e granéis de soja e milho exportados no Brasil



Fonte: Elaborado a partir de ANTT (2019) e CONAB (2013, 2015, 2018, 2019b).

Dessa forma, sua participação caiu de 73% para 39% em apenas 6 anos, e somente passou a retomar um aumento na participação a partir de 2016, quando as exportações brasileiras aumentam expressivamente, demandando mais infraestrutura de transporte e competitividade.

2.3.1.3 HIDROVIÁRIO

Segundo o Ministério da Infraestrutura (2014), o “transporte hidroviário é o tipo de transporte aquaviário realizado nas hidrovias (são percursos pré-determinados para o tráfego sobre águas) para transporte de pessoas e mercadorias”. A fisiografia do transporte hidroviário é composta por dois principais elementos: rios e oceanos, e como o transporte aéreo, opera em seu próprio espaço, tendo atributos geográficos, estratégicos e comerciais (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017). Com atributo geográfico, definimos os atributos físicos, que são os mais conhecidos, estratégico pelo controle, e comercial pelo seu uso. Apesar dos rios estarem conectados aos oceanos, ambos têm uma dinâmica específica.

Dentre as características do transporte hidroviário, destacam-se os baixos custos, baixos índices de perdas, danos e avarias, e também baixa velocidade média de transporte (BALLOU, 1993).

O transporte hidroviário tem como foco principal o transporte de cargas por longas distâncias, e em altos volumes, como minérios, petróleo e combustíveis, grãos e outros *commodities.* O Ministério da Infraestrutura (2014) listou as principais características como sendo:

- Grande capacidade de carga;
- Baixo custo de transporte;
- Baixo custo de manutenção;
- Baixa flexibilidade;
- Transporte lento; e
- Influenciado pelas condições climáticas.

No transporte de cargas global, a navegação conta com aproximadamente 22.000 embarcações classificadas em quatro grupos gerais: (a) transporte de passageiros; (b) transporte de granéis, conhecidas como *bulk* no meio da logística; (c) transporte de cargas gerais, também conhecidas como *break-bulk* no meio logístico, e que transportam cargas gerais acondicionadas em caixas, sacos e outras formas de embalagem, mas que desde os anos 1960 vem sendo acondicionado cada vez mais em contêineres; e embarcações projetadas para transportar veículos terrestres como carros, caminhões e trens, conhecidos pelo termo “rô-rô”, sendo termo abreviado do

roll-on/roll-off inglês, significando literalmente embarcar rolando e desembarcar rolando.

Com a popularização do transporte aéreo, este passou a ocupar o espaço antes do transporte de navios de passageiros nos trajetos mais longos, limitando o transporte de passageiros a travessias ou curtas distâncias como rios e baias em viagens de curta duração (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

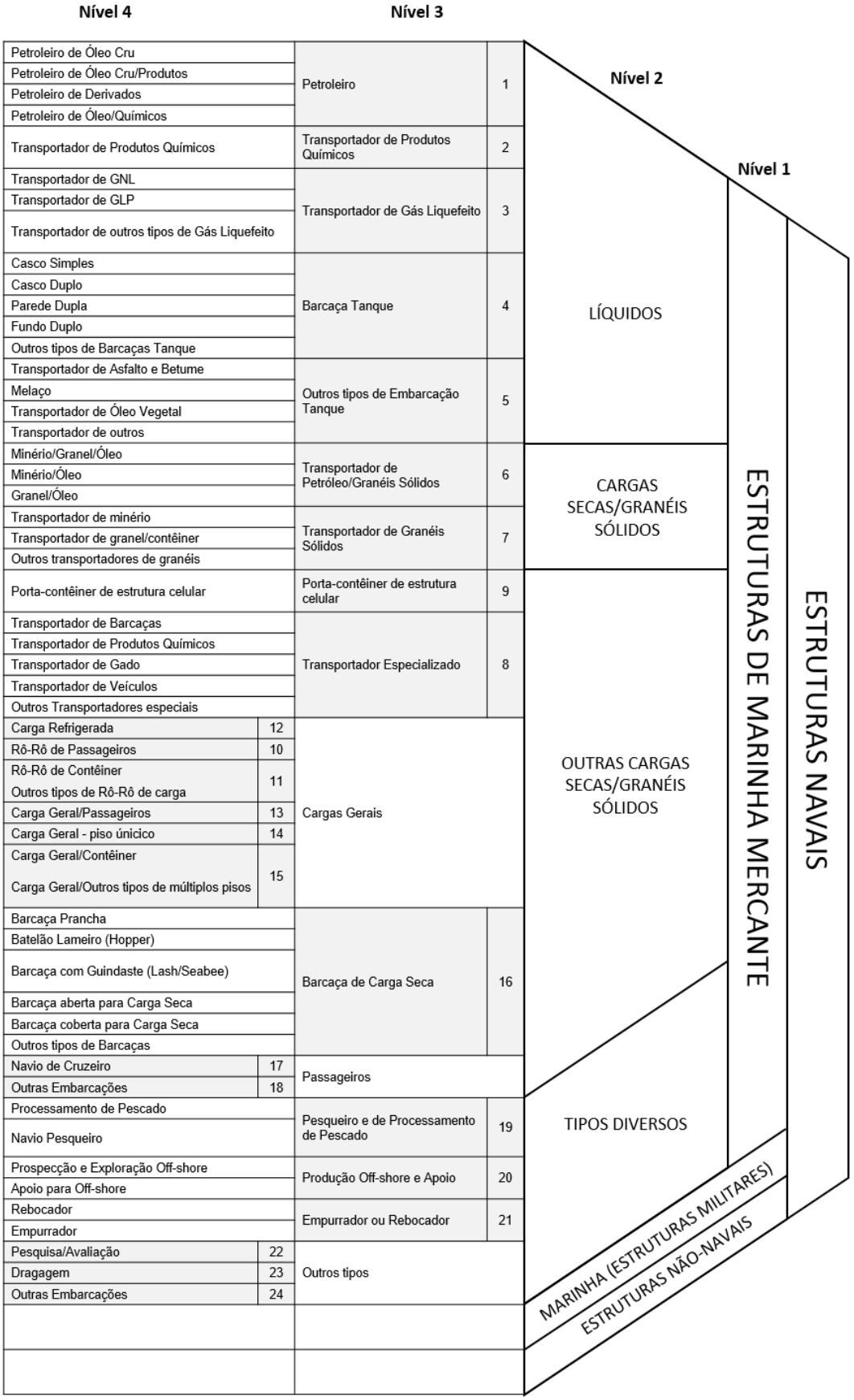
A Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD), sediada em Genebra, Suíça, decidiu em reunião com seus representantes e diversas organizações com interesses na navegação em 1987, que havia uma necessidade de estabelecer padrões de classificação das embarcações, tanto para navegação de interior, como marítimo. O resultado culminou na divulgação em 1989 do documento conhecido como *International Classification of Ship Types* (ICST), estabelecendo uma classificação padronizada dos tipos de embarcações. A adoção e uso do ICST levou à identificação de necessidade de melhorias, que foram incorporadas na revisão de 1994, largamente utilizado até o presente por governos como os EUA e Reino Unido, por meio de organizações de renome como o Lloyd's Register de Londres (DEPARTMENT FOR TRANSPORT, 2007; UNCTAD, 1994).

A Marinha do Brasil, também tem uma classificação, divulgada em uma NORMAM, que são um conjunto de normas da Diretoria de Portos e Costas (DPC) e Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), com a finalidade de salvaguardar a vida humana no mar e nos vias fluviais e lacustres, e garantir segurança no tráfego aquaviário de pessoas e cargas, além da prevenção da poluição hídrica.

Através da NORMAM-01/DPC (2005a), a Marinha do Brasil determina a classificação das embarcações de forma semelhante, em 39 tipos de embarcações, sendo que adicionalmente, deverão ser classificados por tipo de propulsão (com ou sem propulsão), sua atividade ou serviço, e tipo de navegação.

Na Figura 14, pode ser observado a classificação internacional da *International Classification of Ship Types* (ICST), e seu detalhamento dos tipos de embarcações que são classificadas em quatro níveis, sendo que as classificações usualmente utilizadas são do nível 3 e 4. Ao contrário da classificação brasileira, a classificação da ICST também possui uma categoria reservada para estruturas militares da marinha de guerra.

Figura 14. Classificação Internacional de Embarcações por Tipo (ICST (94))



Fonte: Department for Transport (2007)

Segue o Quadro 3 com os tipos de embarcações conforme classificação da Marinha do Brasil, de acordo com a NORMAM-01/DPC (2005a), para embarcações registradas conforme normas e legislação Brasileira.

Quadro 3. Classificação Brasileira dos tipos de embarcações

1	Balsa	21	Outras embarcações
2	Barcaça	22	Outros graneleiros
3	Bote	23	Passageiro/carga geral
4	Cábrea	24	Passageiro/roll-on roll-off
5	Carga geral	25	Passageiro
6	Carga refrigerada	26	Pesqueiro
7	Chata	27	Pesquisa
8	Cisterna	28	Petroleiro
9	Dique flutuante	29	Plataforma
10	Draga	30	Porta-contentor
11	Escuna	31	Quebra-gelo
12	Ferry boat	32	Químicos
13	Flutuante	33	Rebocador/empurrador
14	Gases liquefeitos	34	Roll-on roll-off
15	Graneleiro	35	Saveiro
16	Graneleiro (ore oil)	36	Sonda
17	Hovercraft	37	Supridores de plataformas marítimas (supply)
18	Jangada		
19	Lancha	38	Traineira
20	Lancha do prático	39	Veleiro

Fonte: Classificação das Embarcações da NORMAM-01/DPC (MARINHA DO BRASIL, 2005a)

A regulação, é atribuição da ANTAQ, que foi criada pela Lei no. 10.233 de 05 de junho de 2001 (BRASIL, 2001) e posteriormente implementada em 17 de fevereiro de 2002. Ela é a autarquia do Governo Federal vinculada ao Ministério da Infraestrutura responsável por “regular, supervisionar e fiscalizar as atividades de prestação de serviços de transporte aquaviário e de exploração da infraestrutura portuária e aquaviário” (ANTAQ, 2019a).

Os três principais tipos de transporte aquaviário são classificados pela autarquia em navegação de Longo Curso, Cabotagem, e de Navegação Interior, pela Lei No. 9.432 de 8 de Janeiro de 1997 (1997), também chamada de “Lei da

Cabotagem", onde as define formalmente. Outros, como de travessia e de apoio marítimo não são diretamente atribuídas ao transporte de cargas.

Segundo esta lei, a navegação de Longo Curso compreende a navegação "entre portos brasileiros e estrangeiros" (BRASIL, 1997), ou seja, é a navegação internacional de um porto em um país, a um porto em outro.

A navegação de Cabotagem é "a realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores" (BRASIL, 1997). Portanto, ocorre quando há transporte entre portos do mesmo país, pela costa do país, podendo utilizar portos fluviais como paradas na rota costeira.

A Navegação de Interior utiliza-se exclusivamente de corpos hidroviários fluviais e lacustres, podendo ser transporte nacional ou internacional. Segundo a Lei da Cabotagem, é definida como "a realizada em hidrovias interiores, em percurso nacional ou internacional" (BRASIL, 1997).

Pelo Anuário Estatístico de 2013 (ANTAQ, 2014), a frota formalmente registrada de balsas, barcaças, chatas e graneleiras naquele ano, foi de 1.025 embarcações, que totalizaram capacidade de 1,68 milhões de toneladas de porte bruto (TPB) na Navegação de Interior, sem considerar a quantidade de empurradores, e 85% atuando na região hidrográfica da Amazônia, com 10%, na região hidrográfica do Paraná, indicando a relevância que o transporte de cargas na região hidrográfica da Amazônia. Esta frota foi responsável pelo transporte de 80,3 milhões de toneladas, sendo granéis sólidos (agrícolas e minerais) e líquidos (combustíveis) os principais produtos transportados. O transporte de cargas de granéis é, portanto, transportado majoritariamente através de barcaças fluviais. Boa parte dessas cargas são transferidas de ou para navios de grande porte em portos públicos e privados, onde navios graneleiros completam o transporte com portos nacionais (cabotagem) e internacionais (longo curso).

No registro de frotas destinadas ao transporte de cargas na cabotagem e longo curso, há 47 balsas e barcaças, e 84 navios diversos, incluindo cargas gerais, químico e de gases liquefeitos, que totalizam uma capacidade de 3 milhões de TPB. Pela capacidade da frota registrada em 2013, 36% da capacidade atua nas vias interiores, enquanto o restante dos 64% atua em cabotagem e longo curso (ANTAQ, 2014).

Além dos modais tipicamente utilizados para transporte de granéis, ainda há o modal aéreo, descrito a seguir.

2.3.1.4 AÉREO

O modal aéreo é relativamente recente, comparado aos modais aquaviários e terrestres, tornando-se um meio de transporte viável às vésperas da Segunda Guerra Mundial, quando a aviação passou a conseguir operar aviões com lucro em voos transcontinentais com passageiros. Inicialmente, o mercado para rotas intercontinentais era muito restrito em função dos custos proibitivos e muitos desses voos tinham colônias como destino, transportando autoridades ou pessoas da elite, capazes de arcar com os custos. Em 1956 a aviação transportou mais passageiros entre cidades dos EUA que a soma de passageiros transportados por trens e ônibus, e em 1958 foi a primeira vez que voos transatlânticos superaram a quantidade de passageiros que atravessaram o Atlântico utilizando navios (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

Considerando o peso, o transporte aéreo representa apenas 2% do comércio global, porém, 40% do valor. No geral, o modal aéreo é preferido para itens de elevado valor, curta validade ou sensível relativamente ao tempo, transportados por longas distâncias. Em operações internacionais, o transporte de cargas pode representar até 45% das receitas de companhias aéreas regulares. Por não ter as restrições fisiográficas que o transporte terrestre e aquaviário possuem, exerce uma maior liberdade de escolha de rotas, mas sofre limitações de criação humana, como adequada infraestrutura aeroportuária, e o controle de espaço e trafego aéreo (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017). Outras restrições ao transporte de cargas pelo modal aéreo, incluem o transporte de cargas perigosas, como inflamáveis e químicos. Por não ter elevada capacidade de transporte de cargas com peso ou volume, também não é utilizado para granéis. Os custos de capital envolvidos também são consideradas elevadas (RODRIGUES, 2014).

Especificamente no transporte aéreo de cargas, são utilizadas na sua maioria, três categorias de aeronaves: as exclusivamente dedicadas ao transporte de cargas, conhecidas como *All Cargo* ou simplesmente Cargueiro; as aeronaves dedicadas ao transporte de passageiros, conhecidas como *Full Pax*, ou avião de passageiros, que conseguem levar pequenas quantidades de carga no convés inferior; e as aeronaves conhecidas pelo termo *Combi*, combinando o transporte de carga e passageiros. Quanto à regularidade e programação dos serviços de transporte de cargas aéreas, há serviços regulares, que tem frequências e períodos previamente anunciados, que

podem ser regionais, nacionais ou internacionais (RODRIGUES, 2014), como também serviços especiais contratados para cargas e rotas específicas, como transporte de equipamentos de alto valor, peso e volume, do setor elétrico, óleo e gás, e de mineração. Um exemplo é a empresa Volga-Dneper, de origem russa, especializada em transporte de equipamentos especiais com peso acima de 100 toneladas e dimensões equivalentes a seis contêineres de 40 pés (VOLGA-DNEPER, 2019).

No Brasil, o transporte aéreo começou em 1927, a partir da fundação da Viação Aérea Riograndense – Varig (RODRIGUES, 2014) e é regulado pela Agência Nacional de Transportes Aéreos (ANAC), vinculada ao Ministério da Infraestrutura (BRASIL, 2006). Atualmente existem 11 empresas brasileiras autorizadas pela ANAC a operar voos regulares, que podem transportar passageiros e cargas, e dos quais três são empresas dedicadas exclusivamente ao transporte de cargas: ABSA, Modern e Rio Linhas Aéreas (ANAC, 2019).

O transporte aéreo, em virtude de seus altos custos e limitada capacidade para elevados volumes e frequência de cargas, não é utilizado para *commodities* de baixo valor, como minérios e grãos.

Há ainda, um último modal de transporte dos cinco principais modais, o dutoviário, descrito a seguir.

2.3.1.5 DUTOVIÁRIO

O transporte dutoviário é considerado o transporte com menor índice de perdas ou avarias, e um dos mais baratos (BALLOU, 1993). É o modal pelo qual produtos líquidos ou gasosos são bombeados através de dutos por grandes distâncias – geralmente óleo, combustíveis e gás, mas também minérios e água potável (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

O transporte dutoviário tem poucas restrições, pois pode ser terrestre, ou no leito de massas de água, como lagos, rios e mares. Os custos de construção dependerão do diâmetro da dutovia, que precisa aumentar proporcionalmente à distância, a viscosidade do produto transportado, e dificuldades geográficas das localidades onde serão instaladas. Na maioria dos casos, os custos são elevados, por optar pela dutovia para transportar produtos de regiões remotas, requerendo transpor dificuldades geográficas e climáticas.

Uma das maiores restrições é a exclusividade, pois dutovias são construídas para uma finalidade e produto específico, passando a ser efetivas para transporte de grandes volumes. Óleo e gás são os produtos mais transportados por dutovias, e em situações muito raras, granéis sólidos são transportados, após adição de um agente líquido, permitindo seu transporte diluído por tubovia. É comum observar dutovias ligando áreas remotas a centros de processamento do produto, ou portos. Exemplos são a dutovia de gás entre Alberta e Sarnia, no Canadá, que mede 2.911km e a dutovia Transiberiana de óleo, que é a maior, com 9.344km e transporta óleo dos campos do leste da Sibéria até à Europa Ocidental (RODRIGUE; COMTOIS; SLACK, 2017).

No Brasil, as principais dutovias são oleodutos, gasodutos e minerodutos. Os oleodutos, implantados na sua maioria pela Petrobrás, transportam petróleo bruto ou seus derivados entre portos marítimos e refinarias ou bases de distribuição. Os gasodutos têm a finalidade de levar o gás dos centros de produção aos centros consumidores, como o gasoduto Bolívia-Brasil, com extensão de 3.150km, levando gás de Santa Cruz de la Sierra, na Bolívia e Canoas, no Rio Grande do Sul, no Brasil. Com uma capacidade de 4 milhões de metros cúbicos, atravessa o Rio Paraná e 70km do Pantanal Mato-grossense, levando gás natural a consumidores, na sua maioria industriais. Por fim os minerodutos, que levam minérios das regiões produtoras aos portos marítimos, e aproveitam o desnível de altitude, transportando os granéis sólidos misturados com água: no Brasil, somente minerodutos que transportam minérios de mineradoras em Minas Gerais a terminais portuários no Sudeste (RODRIGUES, 2014).

Commodities agrícolas como soja e milho em grão, não são transportados por dutovias, pois não podem ser diluídos em líquido, sem afetar suas propriedades.

2.3.2 COMMODITIES E TRANSPORTE

Uma *commodity*, é "um ativo físico que possui características padronizadas, de ampla negociação em diversas localidades, [e] que pode ser transportado e armazenado por um longo período de tempo" (PEREIRA, 2009). Portanto, poderá ser facilmente substituída por uma produção em outra região ou até outro país.

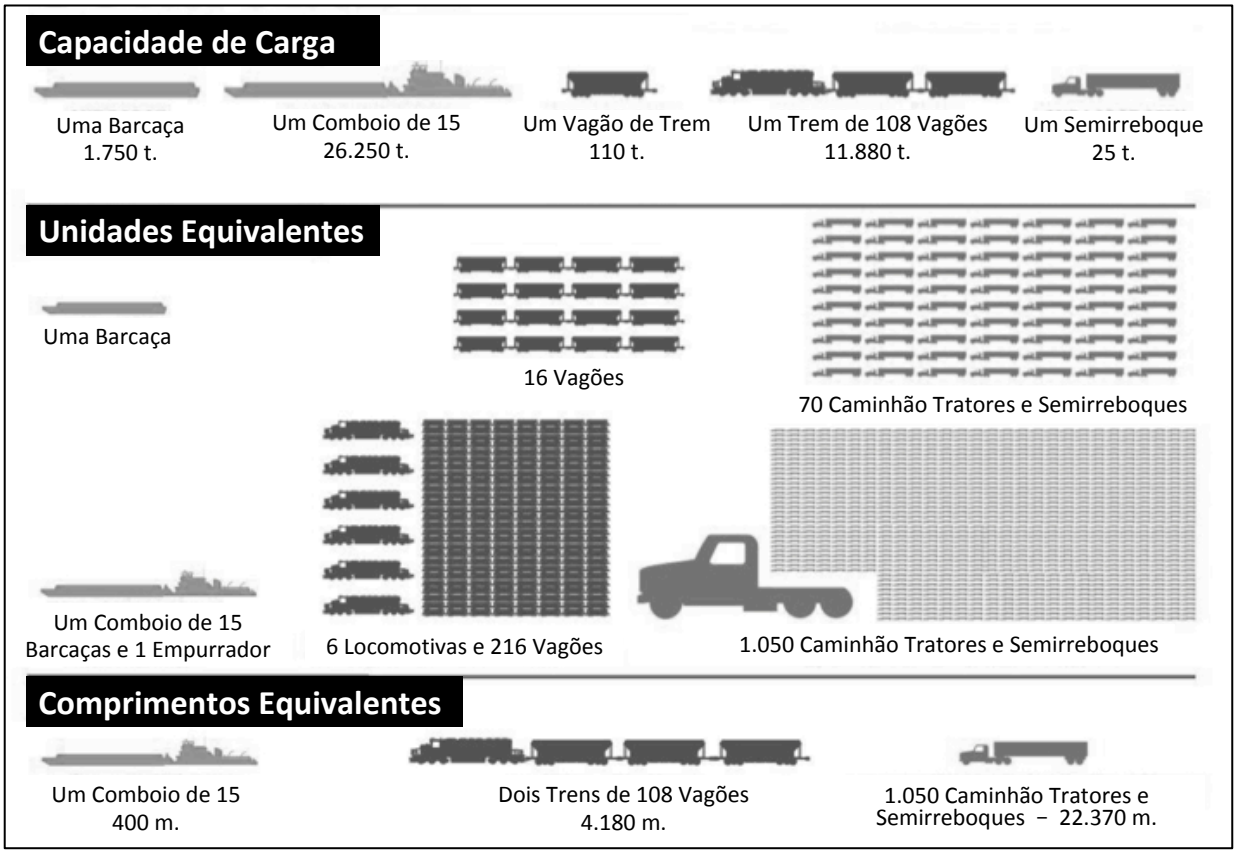
No caso da soja, planta leguminosa de origem asiática, a *commodity* é seu grão, devido ao elevado teor proteico (MANDARINO, 1987). Em 2016, a produção global de soja foi de 133 milhões de toneladas e é consumida em mais de 150 países, segundo a FAO (2018). O grão, desde que adequadamente armazenado com o controle de sua umidade e temperatura, pode ser conservado por períodos acima de um ano, sem perdas às qualidades e propriedades da semente oleaginosa (CHARLES; HURBURGH, 2008). O grão deve ser mantido livre de umidade, altas temperaturas e pragas.

A soja pode ser transportada por meio dos modais rodoviários, ferroviários e hidroviários até aos portos marítimos exportadores. Há, porém, apenas um modal, cuja utilização é obrigatória independentemente de ser multimodal ou não: o modal rodoviário, pois mesmo que seja escolhido outro modo de transporte, é necessário levar a produção da fazenda até ao ponto onde é embarcada no outro modal. As instalações onde os grãos passam do modal rodoviário ao outro modal são chamadas de terminais ou instalações de transbordo.

A Agência Nacional de Transporte Aquaviários (ANTAQ), que regula o transporte aquaviário no Brasil, define como Estação de Transbordo de Cargas (ETC), e que são uma “instalação portuária situada fora da área do porto organizado, utilizada exclusivamente, para operação de transbordo de cargas destinadas ou provenientes da navegação interior” (ANTAQ, 2012). A Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), que regula os transportes rodoviários e ferroviários, define que “transbordo de cargas é a transferência de mercadorias de um modal para outro” e “ocorrendo geralmente em algum tipo de terminal” (ANTT, 2016). Portanto, tanto no modal hidroviário, quanto ferroviário, são Instalações de Transbordo (IT).

O transporte aquaviário é considerada a melhor opção para o transporte de *commodities* de baixo valor, como soja, pois sua capacidade de transportar elevadas quantidades em comboios compostos por um empurrador e diversas barcaças, conforme pode ser observado na Figura 15 a partir de informações da ISFAC (2018), impacta significativamente nos custos. Há outros benefícios, como a o uso racional do espaço físico, principalmente nas rodovias, frequentemente congestionadas na proximidade dos centros urbanos e portos.

Figura 15. Comparativo da capacidade de transporte de soja nos principais modais de transporte



Fonte: adaptado de ISFAC (2018)

Há uma variedade de serviços disponíveis ao usuário do transporte, associados aos cinco modais básicos, que podem ser usadas individualmente ou combinadas. Ballou (1993) explica, que “entre as alternativas disponíveis, o usuário deve selecionar o serviço ou combinação de serviços que providencie o melhor balanço entre qualidade oferecida e custo”. Ele continua, observando que quatro critérios são essenciais para auxiliar na decisão da escolha: (1) custo, (2) tempo de entrega, (3) tempo de trânsito, e (4) avarias e perdas (BALLOU, 1993).

Para o transporte da soja, por seus atributos de uma *commodity*, o critério custo é preponderante na escolha do modal. A Tabela 3 compara 3 dos 4 principais critérios de escolha dos principais modais de transporte, permitindo avaliar quais as vantagens e desvantagens comparativas entre os modais.

Tabela 3. Classificação relativa de custos e desempenho operacional dos principais modais de transporte

	Desempenho		
Modal de Transporte	Custo*	Tempo de Entrega*	Perdas e Danos*
Hidroviário	1	5	2
Dutoviário	2	4	1
Ferroviário	3	3	5
Rodoviário	4	2	4
Aeroviário	5	1	3
* classificação: 1 = menor, 5 = maior			

Fonte: adaptado de Ballou (1993)

Considerando que o transporte rodoviário é o mais caro dos modais normalmente utilizados para escoar soja, o transporte multimodal, ou seja, combinando modais de transporte, pode ser a melhor opção para reduzir os custos da logística doméstica da "porteira ao porto".

2.4 SISTEMAS DE TRANSPORTE FLUVIAL

Há diversas variáveis que impactam no sistema de transporte fluvial, independente da natureza da carga sendo transportada ou tipo de embarcação utilizada. Para melhor entendimento, foram divididas em variáveis que impactam a navegabilidade e economicidade, detalhados a seguir.

2.4.1 VARIÁVEIS DE NAVEGABILIDADE

O Ministério da Infraestrutura identificou oito variáveis no PHE (Plano Hidroviário Estratégico), que tem diferentes níveis de criticidade na navegabilidade das hidrovias, com a finalidade de suportar as estratégias de desenvolvimento da economia brasileira. O projeto foi iniciado em 2012 para ser utilizado nas discussões com partes interessadas públicas e privadas do setor de transporte hidroviário interior. Um dos principais focos do plano foi de focar na atuação do MT e integrar as políticas de transporte do MT, e diagnosticou de forma detalhada as principais hidrovias,

incluindo os rios Tapajós, Madeira e Amazonas (BRASIL, 2013; MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2015). As variáveis identificadas estão no Quadro 4.

Quadro 4. Variáveis de Navegabilidade nas Hidrovias Brasileiras

#	Variável	Descrição
1	Profundidade mínima	Atributo importante para a navegabilidade, remetendo à lâmina d'água existente no rio em determinado momento. A profundidade é variável ao longo do ano, em função do regime hidrológico. É fator limitante para embarcações com profundidade maior que a lâmina d'água, impossibilitando sua navegação.
2	Largura mínima	A largura mínima também impacta na navegabilidade, pois determina a largura máxima de uma embarcação para assegurar sua navegação. Poderá ser afetado pelo regime hidrológico.
3	Sinuosidade	A sinuosidade, que caracteriza a geometria de segmentos de um rio, também está atrelado à largura, pois um rio sinuoso, porém largo, permite navegação mais ampla, enquanto rios estreitos e sinuosos irão limitar a navegação de embarcações maiores.
4	Energia	Atributo relacionado à declividade do canal principal do rio em cada trecho, e que detrmina a navegação quanto à potencia necessária pela embarcação na navegação.
5	Anteparos naturais	Atributos que correspondem a barreiras naturais e acidentes fisiográficos que podem dificultar ou impedir a navegação, como ilhas fluviais, bancos de areia, afloramentos rochosos ou pedrais, e paliteiros.
6	Empecilhos físicos	Atributo físico dificultando ou impedindo a navegação oriundas de obras civis e hidráulicas ao longo do rio, como barragens, pontes e outros impecilhos como tomadas d'água, passarelas ou estruturas de garimpo no leito do rio.
7	Tipo de leito	Atributo classificando o leito em rochoso, sedimentar ou misto.
8	Assoreamento	Atributo que caracteriza a susceptibilidade aos processos de sedimentação, que podem provocar o aparecimentode obstáculos naturais como bancos de areia ou redução da profundidade.

Fonte: adaptado de Ministério dos Transportes (2015)

O estudo do Ministério de Transporte contendo o diagnóstico das hidrovias, publicado em 2013, pontuou os trechos relevantes para a navegação para cada uma das 8 variáveis de navegabilidade, que são fatores externos ao sistema de transportes fluviais. Das variáveis, apenas os empecilhos físicos, que não são naturais, não são influenciados pelo regime hidrológico (BRASIL, 2013).

O regime hidrológico, como definido por Rocha e Santos (2018), é o comportamento hidrológico oriundo da influência em macro escala do padrão precipitação na bacia hidrográfica, e do volume de água escoada da bacia hidrográfica, conhecido pelo termo *runoff*, descontados as perdas por evapotranspiração. Este regime geralmente tem uma sazonalidade, influenciado primordialmente por efeitos climáticos, como precipitação e circulação geral da atmosfera, radiação solar e aspectos do meio físico podem contribuir. A sazonalidade

das vazões é observada nas series históricas dos registros das estações fluviométricos.

Bacias hidrológicas diferentes têm o movimento de águas diferenciadas e o seu estudo é importante para estimar adequadamente seus fluxos extremos e amplitude entre mínima e máxima. Séries temporais de estações fluviométricas são fonte valiosa para o entendimento do ciclo hidrológico, que tem amplitudes entre mínimas e máximas que superam 120% na Amazônia em estudo realizado na Estação de Óbidos, no centro da Bacia Amazônica (AGUIAR et al., 2019).

A Marinha do Brasil estabelece normas e procedimentos para navegação a partir das Capitanias Fluviais específicas dos rios sob suas jurisdições, e publicações técnicas da Diretoria de Hidrografia e Navegação, onde além de informar sobre as características específicas de cada rio ou via aquática, estabelece normas e diretrizes para a navegação (MARINHA DO BRASIL, 2008).

Desta forma, as variáveis da navegação de influências externas ao operador da navegação passam a ser consideradas pelas Capitanias Fluviais e Diretoria de Hidrografia e Navegação, e servem de parâmetro aos operadores, sem isentar as suas responsabilidades quanto às suas ações para assegurar a segurança da navegação, incluindo as condições climáticas e de calado, preconizadas na NORMAM-02/DPC (MARINHA DO BRASIL, 2005b).

Como exemplo, a Capitania Fluvial de Santarém (CFS), com base nas variáveis de navegabilidade do Rio Tapajós, estabelece normas e procedimentos para sua navegação através do documento NPCF-CFS (MARINHA DO BRASIL, 2015). Dentre outros, informa o período de águas altas e baixas, limitações das dimensões de comboios de barcaças, visando a navegação com segurança e relevando as variáveis do Rio Tapajós. A informação sobre o regime hidrológico é de extrema importância, principalmente para a profundidade em rios que têm limitações de profundidade, como o Rio Tapajós e será explorada em maior detalhe na seção 2.5.1.1.

A profundidade dos rios Amazonas, Pará e da foz do Tapajós, para alcançar os portos marítimos de exportação de soja da Amazônia localizadas em Itacoatiara, Santana no Rio Amazonas (ANTAQ, 2020b) Santarém na foz do Rio Tapajós, a cerca de três quilômetros do Rio Amazonas (CDP, 2020a), e da região de Barcarena, no Rio Pará (CDP, 2020b), não apresentam restrições de navegação em nenhuma época do ano para comboios de transporte de cargas em barcaças graneleiras, apresentando

profundidades de 7 metros na baixa-mar na região do Estreito de Breves (MARINHA DO BRASIL, 2008).

O Rio Tapajós, é, portanto, a passagem mais crítica quanto à limitação da profundidade de navegação de embarcações. As características específicas dos rios integrantes do escopo deste trabalho serão exploradas em mais detalhes a seguir, na seção 2.5.1.

2.4.2 VARIÁVEIS ECONÔMICOS DA NAVEGAÇÃO

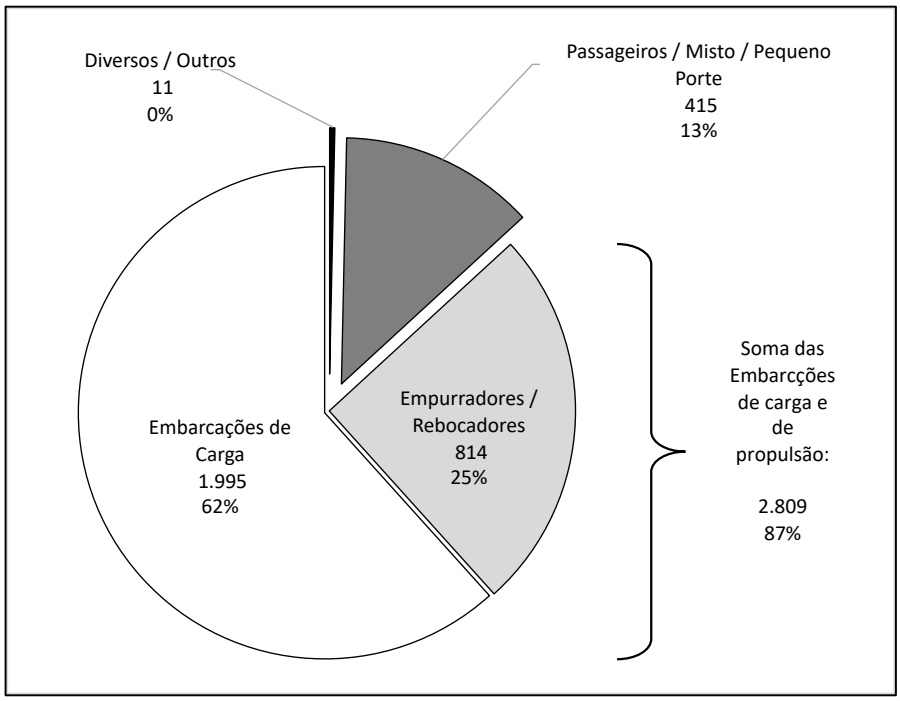
A regulação e legislação que rege a navegação de interior e assegura a navegabilidade com segurança, como da NORMAM-02/DPC (MARINHA DO BRASIL, 2005b) e especificamente para o baixo Tapajós, como o NPCF-CFS (MARINHA DO BRASIL, 2015), influenciam diretamente nos custos da navegação. Ao estabelecer uma entidade regulada de navegação, o atendimento da regulação e legislação irá exigir investimentos e despesas que se sobrepõe nos investimentos e despesas operacionais necessárias, independentemente de ser transporte de passageiros, cargas ou misto (passageiros e carga).

2.5 TRANSPORTE AQUAVIÁRIO DE CARGAS EM GRANEL NA AMAZÔNIA

A ANTAQ mantém registros das embarcações de Navegação Interior, onde classifica por tipo de embarcação, e sua capacidade de carga em TPB. Em consulta ao site em 21/04/2020, havia registro de 42 tipos de embarcações, totalizando 3.235 unidades, com uma soma de 3,67 milhões de TPB (ANTAQ, 2020c).

O destaque da frota, é que 86,8% das embarcações são da categoria de barcaças e balsas para transporte de granéis sólidos, líquidos e cargas diversas e os respectivos empurradores, dado que há registro de apenas sete barcaças propulsionadas. A soma do TPB desta frota representa 98,2% de todo TPB da Navegação Interior (ANTAQ, 2020c). O transporte de cargas em granel, representa a absoluta maioria das embarcações na Navegação Interior, como pode ser observado na Figura 16.

Figura 16. Tipos de embarcação na Navegação Interior



Fonte: ANTAQ (2020c)

Na consulta ao Estatístico Aquaviário no portal da ANTAQ, foram movimentadas 49.924.083 toneladas de cargas em Navegação Interior em 2019, sendo que 70,5% ocorreu nas regiões hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia (ANTAQ, 2020a), na região Amazônica. A estratificação dos tipos de produtos transportados em 2019 e as respectivas regiões, pode ser verificado na Tabela 4.

Tabela 4. Volume transportada na Navegação Interior por grupos de cargas e respectivas regiões, em toneladas em 2019

Descrição	Região - Navegação Interior					
	Amazônica/ Tocantins-Aragaia	Paraná	Atlântico Sul	Paraguai	Total	%
Soja/Milho	25.072.036	2.777.384	543.171	292.763	28.685.354	57,5%
Combustíveis Minerais & Derivados	4.361.447	-	1.001.232	-	5.362.679	10,7%
Minérios, Escória e Cinzas	1.068.307	-	-	3.449.696	4.518.003	9,0%
Demais	4.695.605	2.864.962	3.670.613	126.867	11.358.047	22,8%
Total	35.197.395	5.642.346	5.215.016	3.869.326	49.924.083	100,0%
%	70,5%	11,3%	10,4%	7,8%	100,0%	

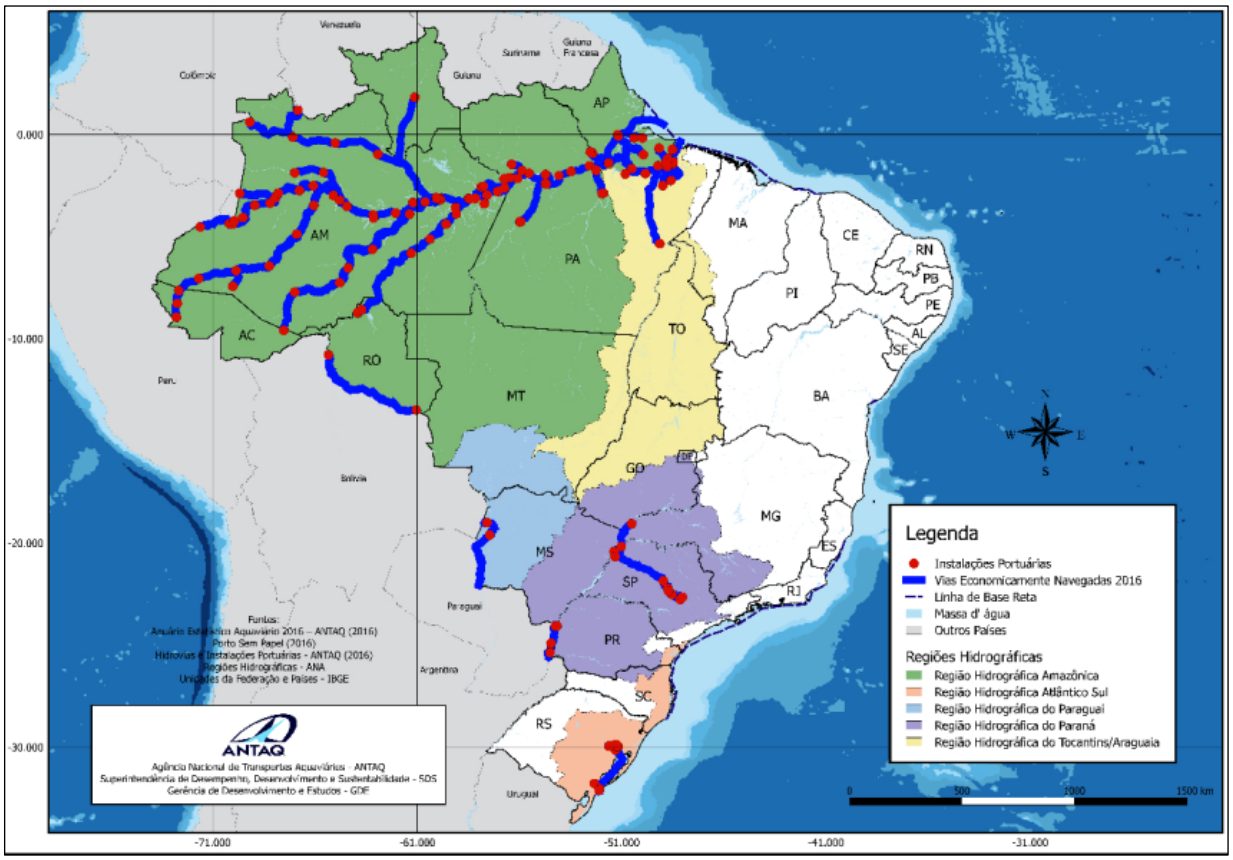
Fonte: Elaborado a partir de ANTAQ (2020a)

Do total de cargas transportadas na Navegação Interior em 2019, 70,5% foi na região Amazônica, sendo mais da metade de toda carga soja e milho, com 57,5% do total. O transporte de grãos na Navegação Interior é, portanto, relevante, e na Amazônia mais ainda, onde o transporte de grãos representou 71,2% das cargas.

2.5.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DE NAVEGAÇÃO FLUVIAL NA AMAZÔNIA

A ANTAQ, em seu relatório de Vias Aquaviárias Interiores Economicamente Viáveis (VEN), de 2016, com base em levantamento realizado a partir de registros de transporte de passageiros e cargas, concluiu que o total de vias economicamente navegáveis totalizava 19.464km nas seis regiões hidrográficas do Brasil. Desses, 17.420km, ou 89,5% estavam na Amazônia, nas regiões hidrográficas: Amazônica, com 16.049km, e Tocantins-Araguaia, com 1.371km (ANTAQ, 2018), como pode ser observado na Figura 17.

Figura 17. Mapa das vias economicamente navegadas em 2016



Fonte: ANTAQ (2018)

A Figura 17 também demonstra a abrangência geográfica e ligação direta entre as duas bacias hidrográficas ao compartilhar a margem sul do Marajó, no Pará, onde pelos estreitos do Boiuçu e Breves, permite ligar origens e destinos entre as duas bacias hidrográficas (MARINHA DO BRASIL, 2008).

Na prática, em termos logísticos, as duas bacias hidrográficas, por serem interligadas, se confundem, e muitas vezes, a bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia é considerada parte da bacia hidrográfica Amazônica.

A ligação das duas bacias hidrográficas ocorre entre os rios Amazonas, da bacia hidrográfica Amazônica, e Pará, da bacia hidrográfica do Tocantins-Araguaia, segundo a Marinha do Brasil (2008), ocorre “através de um grande número de passagens ou canais, denominados estreitos ou furos, que separam as inúmeras ilhas existentes entre a costa sudoeste da ilha de Marajó e o continente”, conforme divulgado na sua publicação com orientações e alertas intitulada Aviso aos Navegantes da primeira quinzena de novembro de 2018.

Na descrição, alerta que dos dois acessos, o Estreito do Boiuçu e o Estreito de Breves, o Estreito do Boiuçu permite passagem de embarcações que calam no máximo 5,50 metros na baixa-mar e que um trecho específico, denominado de passagem do Vira-Saia, tem a profundidade reduzida para 5 metros e somente deverá ser demandado na preamar, em caso de embarcações com calado de até 5,50 metros. Já o Estreito de Breves permite que embarcações possam navegar com calado até 7 metros. Há dois trechos com profundidades de 6,00 metros, que devem ser navegadas com a maré alta no caso de embarcações que calam mais que 6 metros: o furo dos Macacos e o furo Ituquara. Em ambas opções, o aviso é que

> “os canais são muito estreitos, sinuosos e margeados por barrancos com vegetação densa ou por terras baixas e alagadas; são muito entrecortados por outros furos, exigindo especial atenção na identificação correta das marcas de mudança de rumo e de entrada nos furos a navegar; e suas profundidades variam frequentemente, obrigando a constantes mudanças nas marcas utilizadas na navegação” (MARINHA DO BRASIL, 2008, p. 72).

As duas bacias hidrográficas possuem inúmeras instalações portuárias, demonstrado na Figura 17, sendo que apenas seis portos marítimos de longo curso que exportam soja estão localizados nos rios da Amazônia. Destes, somente dois operam anterior a 2014. A Tabela 5 demonstra os portos, sua localização, e volumes de soja exportados, em toneladas, bem como ano em qual operou desde 2010.

Tabela 5. Portos marítimos de exportação de soja nos rios da Amazônia e suas exportações de soja em toneladas, entre 2010 e 2019

			Ano									
Município	**UF**	**Nome do Porto/Terminal**	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**
Itacoatiara	AM	Terminal Graneleiro Hermasa	1.255.091	1.064.579	1.370.071	1.206.055	1.387.544	1.651.809	1.921.204	2.325.547	3.010.302	3.178.154
Santarém	PA	Santarém	667.511	788.525	873.005	996.879	827.211	985.374	1.749.694	1.865.920	2.486.027	2.737.580
Barcarena	PA	Terminal Ponta da Montanha					88.729	423.669	614.885	1.539.179	2.285.678	1.805.129
		Terfron					895.262	1.761.664	1.251.201	1.380.393	1.823.691	1.551.067
		Terminal Vila Do Conde							128.125	1.537.166	1.544.070	1.872.600
Santana	AP	Santana								51.170	16.051	219.124
Total			1.922.601	1.853.104	2.243.077	2.202.934	3.198.746	4.822.516	5.665.110	8.699.375	11.165.818	11.363.654

Fonte: ANTAQ (2020a)

A ANTAQ, em relatório de 2015 divulgou os dados referente a 2014 (ANTAQ, 2015), apresentando dois mapas que elucidam a importância tanto dos rios da bacia hidrográfica Amazônica e do Tocantins-Araguaia, através da espessura da linha, que indica o fluxo e movimentação de cargas em navios de grande porte nestes rios, realizando cabotagem utilizando portos marítimos. Os mapas adaptados indicam os rios onde estão localizados os municípios dos portos marítimos que exportam soja e a localização, conforme Figura 18.

Figura 18. Fluxos no transporte aquaviário em trechos hidroviários (esquerda) e os fluxos com navios de grande porte na cabotagem nos portos marítimos brasileiros



Fonte: adaptado de ANTAQ (2015)

2.5.1.1 HIDROVIA DO TAPAJÓS

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) define uma hidrovia como “via de navegação interior, com canal delimitado, sinalizado e com gabarito hidroviário mantido” (DNIT, 2019). O Rio Tapajós, mesmo tendo uma extensão de 843km entre a sua foz e a confluência dos rios Teles Pires e Juruena, a ANTAQ, considerando que é dividido em três trechos praticamente isolados entre si, e apenas o baixo Tapajós, que é o trecho do Rio Tapajós entre São Luís do Tapajós/PA, onde uma série de corredeiras interrompe a navegação franca a montante, e a foz do Rio Tapajós, na cidade de Santarém, a cerca de três quilômetros de sua confluência com o Rio Amazonas, permitem plena navegação, e ligação com diversos portos da Amazônia (DNIT, 2016a).

Na prática, a sinalização e manutenção do gabarito hidroviário é muito limitada. As cartas náuticas da Marinha do Brasil são defasadas, pois a cada variação sazonal do regime hidrológico, há alterações no relevo do leito do baixo Tapajós, típicas dos rios da Amazônia.

Os dois principais portos do Rio Tapajós são Santarém/PA, na sua foz, e Itaituba/PA, que é um município que reúne diversas ETC na região do distrito de Miritituba. Ambas possuem acesso pelas BR-230 (Transamazônica) e BR-163 (Santarém - Cuiabá), permitindo sua ligação rodoviária com o Mato Grosso. Esta conexão logística do modal rodoviário com o hidroviário torna o município de Itaituba e sua região a origem de quase toda carga transportada no baixo Tapajós. A extensão navegada entre Itaituba e Santarém pode ser observada no mapa na Figura 19.

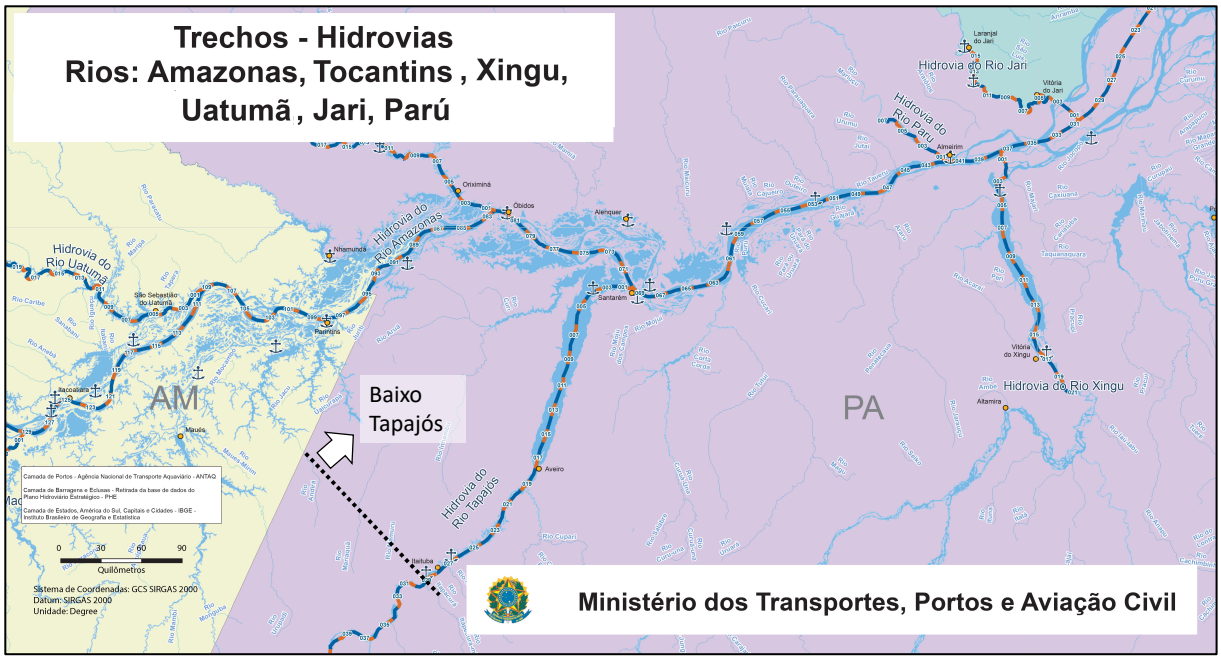
No estudo que resultou no PHE do Ministério da Infraestrutura, destaca que

> "A hidrovia do Tapajós possui uma posição geográfica estratégica, conectando grandes centros de produção agrícola brasileiros ao rio Amazonas e consequentemente ao Oceano Atlântico. No entanto, atualmente, a navegação só é viável da cidade de Santarém, no encontro dos rios Tapajós e Amazonas, até a cidade de Itaituba, no rio Tapajós, com cerca de 280km de comprimento. A montante desta cidade o rio Tapajós, e seus principais afluentes (rios Teles Pires e Juruena), apresentam uma série de afloramentos rochosos, corredeiras e saltos, intransponíveis por embarcações comerciais." (BRASIL, 2013, p. 349).

O DNIT corrobora a informação do PHE, indicando que o trecho navegável do Rio Tapajós é de 280km, entre a cidade de Itaituba e a foz do Rio Tapajós, na cidade de Santarém/PA. O baixo Tapajós possui um calado de 3m, e permite navegação de

comboios de barcaças de até 210m de comprimento e 32m de boca (largura da embarcação ou comboio) (DNIT, 2016b).

Figura 19. Baixo Tapajós e sua ligação com o Rio Amazonas



Fonte: adaptado de MTPA (2017a)

A CFS, por meio do NPCF-CFS (MARINHA DO BRASIL, 2015) informa que o período de águas altas do regime hidrológico é de fevereiro a maio e de águas baixas de agosto a dezembro. Também detalha as limitações das dimensões de comboios de barcaças com detalhes e especificações, conforme demonstrado no Quadro 5.

Quadro 5. Dimensões máximas de embarcações e comboios permitidas no Rio Tapajós

Descrição	Embarcação/ Comboio padrão	Com Aprovação pela Capitania Fluvial de Santarém			
		I	II	III	IV
Comprimento total (barcaças & empurrador, em metros)	181	220	281	293	293
Boca total (metros)	37	43	43	36	55
Potência mínima do empurrador (em hp)	n/a	2.600	4.000	3.480	4.000

Quadro 5. Dimensões máximas de embarcações e comboios permitidas no Rio Tapajós (continuação da página anterior)

Descrição	Embarcação/ Comboio padrão	Com Aprovação pela Capitania Fluvial de Santarém			
		I	II	III	IV
Tipo de propulsão	n/a	Com 2 eixos independentes	Azimutal com 2 eixos independentes	Com 2 eixos independentes	Azimutal com 2 eixos independentes e pino de acoplamento
Outras exigências da CFS	n/a	Equipamento de comunicação VHF, HF, Telefone por satélite, e AIS	Equipamento de comunicação VHF, HF, Telefone por satélite, e AIS	Equipamento de comunicação VHF, HF, Telefone por satélite, AIS, e facilidade de manobra e propulsão como boat-thruster	Equipamento de comunicação VHF, HF, Telefone por satélite, e AIS

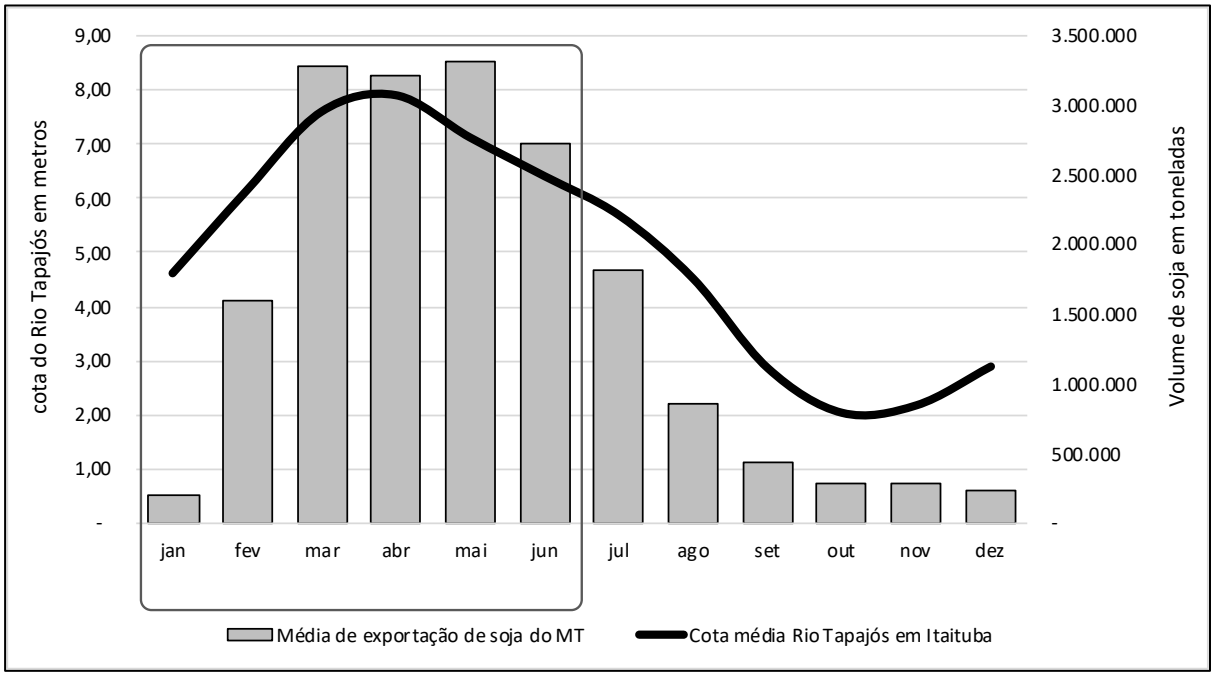
Fonte: adaptado de Capitania Fluvial de Santarém (2015)

No boletim específico Aviso aos Navegantes, emitido pelo Centro de Hidrografia da Marinha do Brasil (2008), é informado especificamente para o Rio Tapajós, que "o período de enchente vai normalmente de janeiro a junho (estação chuvosa), atingindo o nível máximo em abril", com calado máximo de 5,50 metros no baixo Tapajós e que "vazante vai de julho a dezembro (estação seca), atingindo o nível mínimo em outubro", com um calado máximo de 2 metros no baixo Tapajós, no rigor da vazante. Adicionalmente, informa que "a variação média anual do nível do rio é de 6m e é extremamente irregular, dependendo das chuvas nas cabeceiras".

O Rio Tapajós possui uma velocidade média de 3,7km/h na sua foz. A velocidade do rio alcança seu pico em maio, podendo alcançar 5,6km/h, enquanto diminui para uma média de apenas 2,8km/h em março (MARINHA DO BRASIL, 2008).

A cheia do baixo Tapajós coincide com o período de safra da soja exportada pelo Mato Grosso, e portanto, a vazante tem pouco impacto na logística de exportação de soja no baixo Tapajós, como pode ser verificado na Figura 20, comparando o regime hidrológico com base na média da leitura mensal da cota do Rio Tapajós na estação fluviométrica de Itaituba de 20 anos, entre 2000 e 2019 (ANA, 2020b), com as exportações mensais de soja do Mato Grosso para o período de 2016 a 2019 (IMEA, 2017, 2018b, 2019c, 2020).

Figura 20. Comparativo do regime hidrológico do baixo Tapajós com as exportações de soja do MT



Fonte: Elaborado a partir de dados da ANA (2020b), IMEA (2017, 2018b, 2019c, 2020) e Marinha do Brasil (2015)

Em 2019, cinco ETC da região de Itaituba responderam por transbordar 4.655.083 toneladas de soja em grão do modal rodoviário para barcaças fluviais e serem transportados utilizando o Rio Tapajós aos portos marítimos exportadores nos rios da Amazônia, representando 51,9% de toda soja exportada por estes portos. Se considerar também milho, que utiliza a mesma infraestrutura e equipamentos, o volume transportado no Rio Tapajós em 2019 foi de 10.343.273 toneladas, ou 59,6% de todo milho e soja exportado pelos mesmos portos marítimos. Deve ser ressaltado, que, no caso da soja, 3.926.198 toneladas foram movimentadas pelo Rio Tapajós no primeiro semestre, no período das águas mais altas, representando 84,3% do volume de soja transportada utilizando o Rio Tapajós em 2019 (ANTAQ, 2019b).

Portanto, o Rio Tapajós foi o rio mais utilizado no transporte de soja em grão de toda região Amazônica em 2019, indicando que suas potenciais restrições são consideradas pelos transportadores de grãos, que conseguem mitigá-las nas suas operações fluviais. Adicionalmente, o regime hidrológico favorece o escoamento de soja, pois o período da safra coincide com o período das águas mais altas, conforme Figura 20.

2.5.1.2 HIDROVIA DO AMAZONAS

O DNIT define a hidrovia do Amazonas como “a principal via de transporte e escoamento de cargas na região Norte”, sendo responsável por cerca de 65% do total de cargas transportadas (DNIT, 2018a). Destaca também, que tem boa profundidade e não apresenta restrições à navegação entre sua foz, no Atlântico, ou Belém, até Manaus, com uma largura média de 2.000 metros e profundidade mínima de 13 metros no canal navegável, mesmo no período de águas baixas.

O comprimento total do Rio Amazonas, que nasce na cordilheira dos Andes peruanos a uma altitude de aproximadamente 5,6 mil metros acima do nível do mar, é de 6.850km até à sua foz no Oceano Atlântico. O trecho entre a confluência dos rios Solimões e Negro, próximo a Manaus, e a foz do Rio Amazonas, com 1.434 quilômetros, é denominado de Hidrovia do Amazonas (BRASIL, 2013).

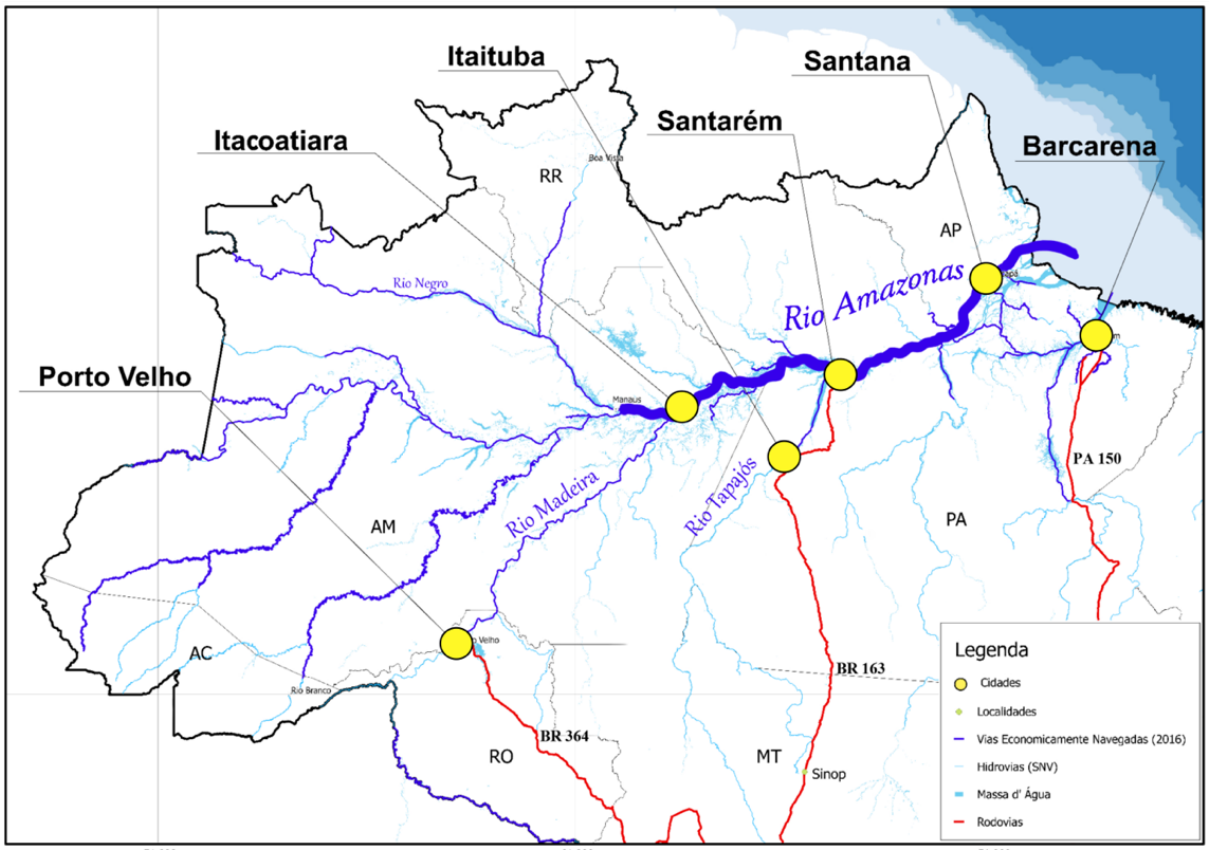
No Relatório Técnico sobre a Bacia Amazônica a ANTAQ informa que o Rio Amazonas percorre 3.220 quilômetros dentro do Brasil e é dividido em dois trechos. O primeiro, a partir da fronteira, em Tabatinga/AM até sua confluência com o Rio Negro, próximo a Manaus/AM, denominado de Rio Solimões, e o segundo trecho, até a sua foz no Oceano Atlântico, denominado de Rio Amazonas. Além de diversas cidades importantes nas suas margens, recebe a confluência de dois rios importantes para a navegação e transporte de cargas: os rios Madeira e Tapajós. A extensão do trecho entre sua confluência com o Rio Negro, próximo a Manaus, até a sua foz, também conhecido como Baixo Amazonas, possui aproximadamente 1.508 quilômetros (ANTAQ, 2013a).

Ao longo da hidrovia do Amazonas, o DNIT tem registro de 70 terminais e portos, com cargas variadas, desde passageiros, passando por transporte de *roll-on/roll-off* em balsas, cargas gerais e transporte de granéis sólidos e líquidos, além de contêineres. A hidrovia tem transporte Vias Interiores, Cabotagem e Longo Curso, devido ao seu acesso ao Atlântico na sua foz, e conexão com os demais rios navegáveis das bacias hidrográficas Amazônica e do Tocantins-Araguaia, como pode ser observado na Figura 17 (ANTAQ, 2018; DNIT, 2018a).

A ANTAQ, em seu estudo sobre vias aquaviárias interiores economicamente navegadas, ressalta que a região hidrográfica Amazônica tem a hidrovia do Amazonas no seu centro, possui uma extensão total de 16.049km em 2016, e que representava

82,5% do total de vias aquaviárias interiores economicamente navegadas (ANTAQ, 2018).

Figura 21. Rio Amazonas e seus principais afluentes com as cidades dos ETC e portos fluviais que movimentam soja no Arco Norte



Fonte: adaptado de ANTAQ (2019c)

É através da hidrovia do Amazonas, que embarcações dos rios Madeira e Tapajós, que concentram todas as ETC de soja, conseguem alcançar os quatro polos de portos exportadores de Longo Curso da Amazônia. O mapa do trecho do Rio Amazonas considerado como hidrovia do Amazonas pelo DNIT, na Figura 21, permite identificar os quatro polos portuários com seus portos marítimos exportadores de soja.

O porto de Itacoatiara, mais montante do Rio Amazonas, está a apenas 30km da foz do Rio Madeira, permitindo alcançar Porto Velho, que é o principal porto do Rio Madeira. O próximo porto marítimo exportador, na foz do Rio Tapajós, é Santarém. Jusante, próximo à foz do Rio Amazonas, está a cidade de Macapá, cujo porto marítimo fica no município vizinho em Santana, a 15km. Os portos marítimos de

Barcarena, próximo a Belém, no Rio Pará, são alcançados através da região dos Estreitos de Breves.

O Plano Mestre do Complexo Portuário de Santana (MTPA, 2017b) cita que o limite de calado da Hidrovia do Amazonas na sua foz, próximo a Macapá e Santana, é de 11,50 metros, em virtude de restrições na Barra Norte, que é o canal de acesso mais utilizado pelos navios de grande porte que demandam o Rio Amazonas. Navios com calado maior que 10 metros, devem realizar a passagem apenas na preamar, assegurando sua passagem segura. Entre os portos de Santana e de Itacoatiara, não registra problemas relacionados a profundidades, passando a informar que no trecho entre Itacoatiara e Manaus, na Passagem do Tabocal, em período de seca, o calado poderá ser reduzido a 9,50 metros em uma extensão de aproximadamente 3,7 quilômetros. Não há, portanto, restrições para navegação de comboios fluviais de barcas graneleiras na Hidrovia do Amazonas.

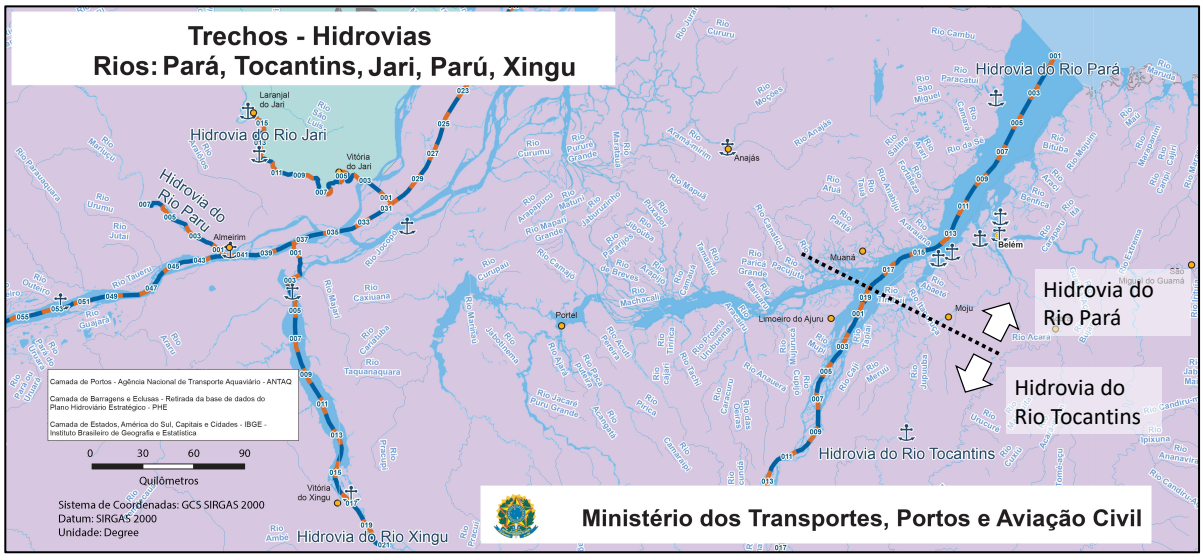
Desde 2018, a Marinha do Brasil realiza testes para ampliar o limite de calado na passagem da Barra Norte, que irá fomentar a movimentação de cargas, principalmente de minérios e de grãos. O limite homologado, que já havia sido aumentado em 20 centímetros para 11,70 metros em setembro de 2018, está passando por novos testes desde 08 de abril de 2020, com um calado de 11,90 metros. A Associação de Terminais Portuários Privados (ATP), entende que a ampliação de calado em 20 centímetros permite um navio a transportar uma carga adicional de 1.800 toneladas. Em ambos testes, a Marinha contou com o apoio de navios contratados pela Cargill, utilizados para exportar grãos a partir do porto de Santarém. O aumento do calado, que resulta no aumento da capacidade de transporte de cargas, irá aumentar a competitividade das exportações a partir dos portos marítimos na Hidrovia do Amazonas (OLIVEIRA, 2018, 2020).

2.5.1.3 HIDROVIA DO RIO PARÁ

Tanto o DNIT, quanto a ANTAQ, consideram que a hidrovia do Tocantins-Araguaia, da bacia hidrográfica com o mesmo nome, desemboca na Baia do Marajó e alcança o Atlântico, tendo os portos da região de Barcarena e Belém em sua margem direita (ANTAQ, 2013b; DNIT, 2018b).

O Rio Tocantins tem sua foz no município de Abatetuba/PA, onde se encontra com o Rio Pará, como pode ser verificado na Figura 22. Junto com outros rios como o Rio Guamá, forma as Baias do Guajará e Marajó e eventualmente alcança o Atlântico. O Rio Tocantins tem apenas o trecho de 254 quilômetros entre a sua foz e o lago da represa da hidrelétrica de Tucuruí francamente navegáveis, conhecido como Baixo Tocantins. Na hidrelétrica de Tucuruí, eclusas que permitem a passagem de comboios de barcaças, porém, montante do lago da represa, há uma barreira denominada de Pedral do Lourenço, limitando a passagem de embarcações quando as águas estão baixas. Os outros trechos montante permitem navegação, mas com calados limitados variando entre 1,50 e 2,50 metros na época de águas baixas (ANTAQ, 2013b).

Figura 22. Mapa do trecho das hidrovias do Baixo Tocantins e do Rio Pará



Fonte: adaptado de MTPA (2017a)

A Hidrovia do Rio Pará, que é formado principalmente pelo Rio Tocantins e a confluência de outros rios menores, está localizada na Baía do Guajará. A hidrovia permite, por meio de canais conhecidos como estreitos ou furos, ligar os portos da região de Barcarena e Belém com as duas bacias hidrográficas: a Amazônica e a Tocantins-Araguaia. Ela mede aproximadamente 200 quilômetros entre a foz do Rio Tocantins e a foz do Rio Pará no Atlântico. Além de excelente navegabilidade com profundidades mínima entre 6 metros e 10 metros, é sinalizado e balizado. Sofre forte

influência de vento, chuvas e uma maré com amplitude máxima de 3,70 metros (BRASIL, 2013).

2.5.1.4 DISTÂNCIAS ENTRE OS PRINCIPAIS PORTOS FLUVIAIS NA AMAZÔNIA

Os rios da Amazônia, contido nas bacias hidrográficas da Amazônia e do Tocantins-Araguaia, contam com inúmeros portos nas suas calhas. Na Tabela 5, são identificados os seis portos marítimos, localizados em apenas quatro regiões municipais, por quais são exportados a totalidade de grãos na Amazônia. Estes portos recebem suas cargas por via fluvial das ETC do complexo de Porto Velho, no Rio Madeira, que compreende as ETC de Porto Velho/RO e Humaitá/AM, e do complexo de Miritituba, distrito do município de Itaituba/PA, com as ETC de Miritituba e Santarenzinho, localizadas na margem direita do Rio Tapajós.

A partir do relatório anual sobre a navegação interior e de cabotagem de 2014 (ANTAQ, 2015), foi elaborado o Quadro 6, com distâncias médias da navegação interior das cidades onde estão as principais ETC fluviais por quais a soja é embarcada e transportada até às cidades em quais estão localizados os portos marítimos exportadores.

Quadro 6. Distâncias medias da navegação interior entre as principais ETC no transporte de soja na Amazônia e os portos marítimos de exportação

Origem	Destino	Distância (km)
Itaituba	Santarém	283
Itaituba	Barcarena	1.154
Itaituba	Itacoatiara	852
Itaituba	Santana	830
Porto Velho	Santarém	1.706
Porto Velho	Barcarena	2.518
Porto Velho	Itacoatiara	1.138
Porto Velho	Santana	2.242

Fonte: elaborado a partir de ANTAQ (2015)

Existem outras opções, mas em função de restrições de infraestrutura ou naturais, não representam volumes relevantes de transporte de soja.

2.5.2 PRINCIPAIS TIPOS DE EMBARCAÇÕES UTILIZADAS NA NAVEGAÇÃO FLUVIAL NA AMAZÔNIA

Na introdução da seção 2.5, foram detalhados os tipos de embarcações utilizadas em Navegação Interior registrados na ANTAQ, responsável por regular o transporte aquaviário. 86,8% das embarcações são da categoria de barcaças e balsas para transporte de granéis sólidos, líquidos e cargas diversas, com seus respectivos empurradores (ANTAQ, 2020c).

Para o transporte de grandes volumes de cargas em granel em hidrovias, o meio mais comum é utilizando comboios, que são um conjunto de barcaças ou chatas não propulsionadas e acopladas, movimentadas por uma embarcação propulsionada, conhecida pelo termo empurrador ou rebocador. Os empurradores operam acopladas às barcaças que não tem propulsão própria, mas não transportam cargas em seu casco (BNDES, 2018).

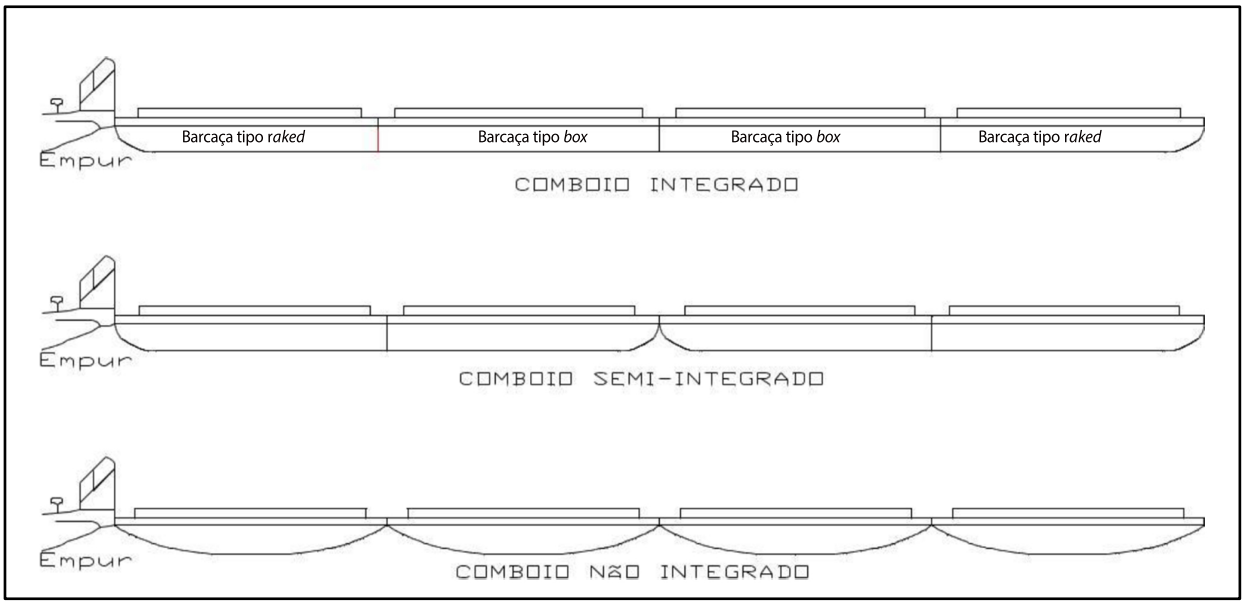
Há dois tipos de barcaças graneleiras usualmente combinadas para compor comboios de barcaças: o tipo *box* e o tipo *raked*. As barcaças *raked* tem a proa levantada, permitindo uma melhor hidrodinâmica quando utilizada no início de um comboio, ou no final de um comboio. Quando são combinadas duas barcaças com as extremidades tipo *raked*, é criado um arrasto acumulado resultado em perda de eficiência na navegação. Nestes casos, é recomendado utilizar uma barcaça *box*, cuja extremidade tem formato de uma caixa (RODRIGUES; LEMGRUBER, 2008).

Campos (2017) destaca que a integrabilidade do comboio fluvial influencia na eficiência energética. Portanto, impactando no consumo de combustível e seu respectivo custo, onde um comboio integrado apresenta um fator de integrabilidade (Fi) de 0,027, enquanto um não integrado apresenta um Fi de 0,050, aumentando o consumo e diminuindo a velocidade. Um comboio não integrado é composto por todas as barcaças *raked*, como demonstrado na Figura 23.

Não há um padrão de tamanho de barcaças no de transporte de grãos, e cada transportador escolhe uma dimensão que considera a melhor para o transporte de grãos, em função dos rios onde opera e suas restrições ambientais. Variações

sazonais do regime hidrológico e limitações da estrutura portuária onde a empresa opera, que limitam a boca das barcaças, também influenciam na escolha dos tamanhos.

Figura 23. Tipos de integração de formações de comboios de barcaças



Fonte: Adaptado de Campos (2017)

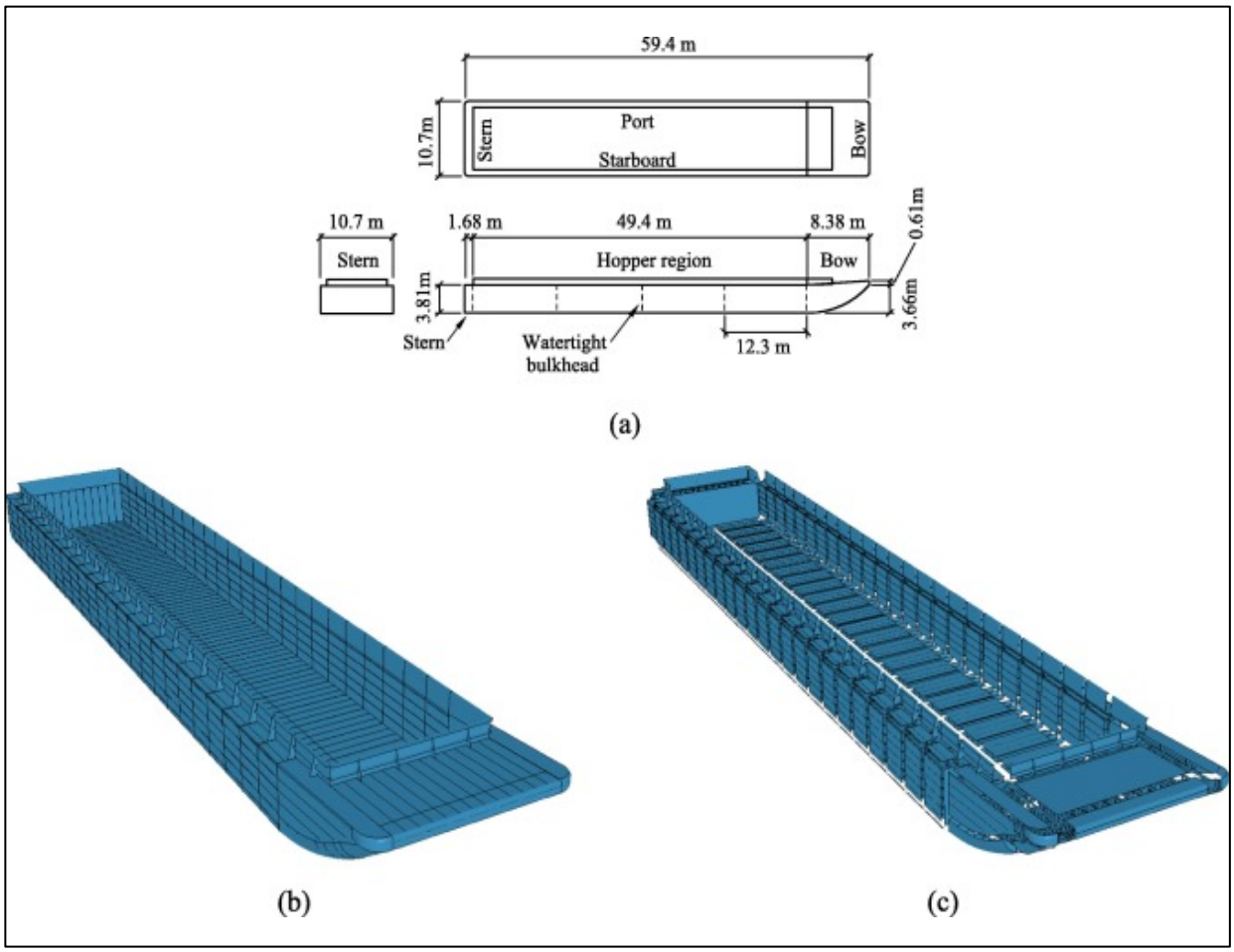
Outra limitação são eclusas, quando estas são presentes na bacia hidrográfica onde as barcaças atuam. A única eclusa da Região Amazônica é a eclusa da Hidrelétrica de Tucuruí, no Rio Tocantins. Suas especificações para navegação de comboios homologadas pelo Comando do 4° Distrito Naval em 2011, são para comboios de até 200m de comprimento, 32m de boca, calado de 3m com uma altura livre de 15m (MARINHA DO BRASIL, 2011). Esta medida permite que um comboio possa ter até três barcaças de largura e três de comprimento no seu conjunto, desde que a boca de cada barcaça não passe de 10,67m de largura, e que o conjunto de comboios e empurrador não ultrapasse o comprimento de 200m. Dependendo do comprimento do empurrador, a barcaça poderá medir até 61m.

Nos EUA, pelo censo do *National Transportation Statistics* (Estatística Nacional de Transporte) (BUREAU OF TRANSPORTATION STATISTICS, 2018), havia 32.354 embarcações não propulsionadas em 2016, incluindo barcaças para granéis sólidos e líquidos. Segundo o USDA (USDA-AMS, 2017), barcaças transportaram quase 50,3 milhões de toneladas de produtos agrícolas jusante pelo Rio Mississippi em 2016, dos

quais mais que 43 milhões de toneladas de grãos foram transportadas em 27.709 barcaças. O tipo mais comum de barcaça nos EUA, é chamado de *jumbo hopper*, que mede em torno de 59,4m de comprimento, 10,7m de boca e profundidade de 3,66m (GETTER et al., 2015). A

Figura 24 mostra um desenho esquemático, perspectiva e perspectiva segmentada de uma barcaça graneleira tipo *raked* do padrão *jumbo hopper* utilizada no Rio Mississippi, nos EUA. Esse padrão de barcaça também é conhecido como padrão Mississippi pelo uso predominante daquelas dimensões naquela hidrovia.

Figura 24: Dimensões e desenhos de uma barcaça graneleira tipo *raked* do padrão *jumbo hopper*



Fonte: Getter et al. (2015)

O estudo Setorial do BNDES (2018), destaca que as três maiores empresas em capacidade de transporte de cargas na Navegação Interior em 2016, detinham 42% da capacidade do país e atuavam na Região Hidrográfica Amazônica. As três,

Transportes Bertolini, Hermasa e Hidrovias do Brasil, totalizavam 456 balsas, barcaças e graneleiras, e são transportadores de grãos, utilizando comboios que podem transportar até 24.000 toneladas de grãos. Segundo Pagot (2020), estes comboios maiores com 20 ou mais barcaças, operam apenas com regime hidrológico dos rios na cheia, quando a largura e o calado dos rios oferecem condições seguras para operações de grandes comboios.

A medida de um comboio padrão graneleiro da empresa Hermasa, permite navegar com 9 barcaças graneleiras e um empurrador no baixo Tapajós (HERMASA, 2013), conforme Figura 25.

Figura 25. Comboio de nove barcaças da empresa de navegação Hermasa



Fonte: Hermasa (2013)

A barcaça padrão da Hermasa mede 10,90m de boca, 61m de comprimento, 5,40m de altura, calando 2,50m. Ela utiliza barcaças *box* e *raked*, com capacidades para grãos de 2.000 toneladas e 1.850 toneladas respectivamente. Um comboio integrado tem barcaças *raked* na frente e na traseira do comboio, com barcaças *box* no meio. Portanto, um conjunto de 9 barcaças em amarração de 3 x 3 terá três

barcaças *raked* na frente, três na traseira, com três barcaças *box* no meio (COLARES, 2010). Esta balsa também é conhecida como padrão Mississippi, por ter as dimensões mais utilizadas naquela hidrovia nos EUA.

Por ser uma barcaça com boca de apenas 10,90m, a barcaça da Hermasa opera em todos os portos graneleiros. A empresa Louis Dreyfus Company (LDC) utiliza barcaças com boca de 13,75m, 61m de comprimento, com calado máximo de 4,50m. A estrutura naval da ETC da mesma empresa, na região de Santarenzinho, jusante 15 quilômetros de Miriticuba, permite operar com barcaças dessa largura (AMBIENTARE - SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA., 2016). Porém, A estrutura naval da ETC Terfron, na mesma região, em Mirituba, permite operar apenas com barcaças de até 12,50m de boca (BRANDT MEIO AMBIENTE AMAZÔNIA LTDA., 2011).

As empresas que utilizam dimensões maiores, a exemplo da Louis Dreyfus Company (LDC), opera com transporte exclusivo para sua própria logística, conforme explicado pelo Pagot (2020). Ele também explicou que, por serem grandes *Tradings* com verticalização, atuando desde a originação dos grãos, até ao destino no país de importação da soja brasileira, não necessitam ter a flexibilidade de operar em todos os portos, optando por uma logística exclusiva.

Outros operadores, como a Hidrovias do Brasil S/A (HBSA), possui operações em diversas bacias hidrográficas, operando com cargas diversificadas. Neste caso, a escolha do tamanho das embarcações pode permitir sinergias, a depender da estratégica de cada empresa de transporte fluvial.

Portanto, a escolha das dimensões das barcaças é um fator importante, pois mesmo podendo transportar mais carga em uma barcaça com dimensões maiores, poderá limitar as opções de ETC e estruturas portuárias onde pode operar. Já o seu calado, é uma variável que pode ser controlada, pois ao carregar uma quantidade menor de carga em uma barcaça, ela vai calar menos, o que permite seu uso mesmo que a profundidade da hidrovia ofereça limitações.

Um novo entrante com intenções de ofertar serviços de transporte com capacidade de operar em todos os portos, necessita, portanto, optar pelo padrão de barcaças que não terá restrições em função de suas dimensões, que na Amazônia, é o padrão Mississippi. A maioria dos estaleiros estruturados na Amazônia, tem experiência e oferecem barcaças graneleiras padrão Mississippi, como pode ser observado na Figura 26, do site institucional do estaleiro Rio Maguari, de Belém/PA.

Figura 26. Dimensões de uma barcaça graneleira padrão Mississippi



Fonte: Estaleiro Rio Maguari (2020)

Os estaleiros poderão fabricar embarcações de padrões já existentes, ou customizar as embarcações de acordo com a preferência do cliente. A escolha deve ser avaliada não somente pelos aspectos operacionais pelo transportador, mas também pelo tempo de fabricação e seus custos, influenciados pelo projeto escolhido.

2.6 INDÚSTRIA DA SOJA (CADEIA DE VALOR)

A indústria da soja, cujas origens conta com registros históricos a mais de 5.000 anos, será avaliada nas próximos três seções, descrevendo sua produção e seu consumo no Brasil e no mundo, e sua logística de escoamento de exportação desde sua produção, até aos portos marítimos de exportação no Brasil.

2.6.1 PRODUÇÃO DA SOJA NO BRASIL E NO MUNDO

A soja, que é uma planta leguminosa mais conhecida por seus grãos, tem suas primeiras referências na história a mais de 5.000 anos, como alimento na China. Entre 1876 e 1880, passou a gerar interesse em produtores agrícolas em diversos países da Europa e nos EUA, chegando ao Brasil em 1882. O grão passa a aparecer pela primeira vez nas estatísticas de produção agrícola brasileira a partir de 1941 (BONATO; BONATO, 1987).

Entre 1949 e 1954, o cultivo cresce e supera pela primeira vez a marca de 100.000 toneladas em um ano. Em 1969, fecha o ano pela primeira vez acima de 1 milhão de toneladas – ano em qual os EUA produziram 30,6 milhões de toneladas, representando 76% da produção global, enquanto Brasil representava apenas 2,6%. Após 1969, o Brasil passa a ganhar rapidamente representatividade na produção global, como pode ser observado na Tabela 6, onde é demonstrado o forte crescimento da produção brasileira de soja a partir dos anos 1970 (BONATO; BONATO, 1987).

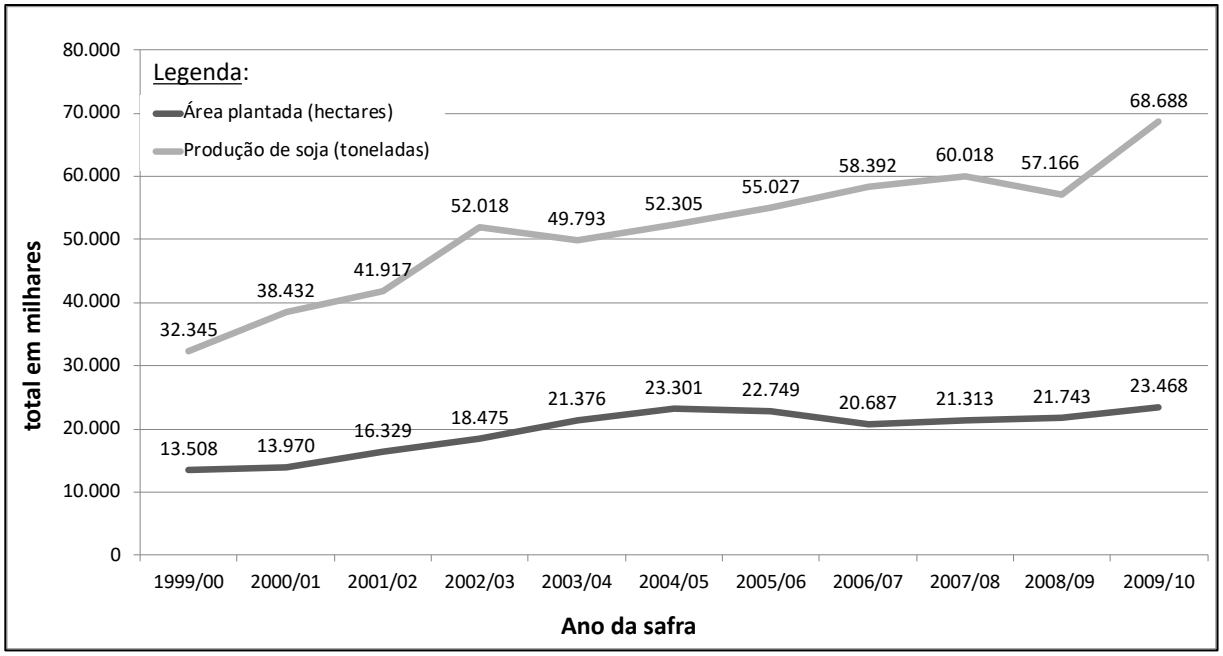
Tabela 6. Representatividade do Brasil e dos EUA no cenário global da produção de soja em % de toneladas produzidas

	1950	**1960**	**1970**	**1980**	**1990**	**2000**	**2010**	**2016**
Brasil / Global	0,2%	0,8%	3,5%	18,7%	18,6%	20,4%	25,3%	24,5%
EUA / Global	49,1%	58,7%	70,2%	60,2%	48,3%	46,5%	34,2%	35,0%
EUA& Brasil / Global	49,3%	59,5%	73,7%	78,9%	66,9%	67,0%	59,5%	59,4%

Fonte: elaborado a partir de Bonato; Bonato (1987); FAO (2018); OECD (2018) e USDA (2018c)

Em 1996, ocorre um evento que impulsiona a produtividade e atratividade econômica do cultivo de soja: é liberada nos EUA a comercialização de soja GM – a soja geneticamente modificada (ISAAA, 2017). Entre 2000 e 2010, os EUA saltam de 75,1 milhões de toneladas de soja produzidas para 90,7 milhões de toneladas, representando um crescimento de 20,8%, sendo que a área cultivada foi ampliada em apenas 4,2% neste período (USDA, 2018c). O Brasil, que passa a adotar a produção GM somente a partir de 2003, observa um crescimento ainda mais expressivo, pois nos mesmos dez anos, assiste ao crescimento de sua produção de 32,3 milhões de toneladas para 68,7 milhões de toneladas – um aumento de 112,4%. A expansão da área cultivada influenciou neste crescimento, aumentando de 13,5 milhões de hectares para 23,5 milhões de hectares segundo a Conab (2015), representando um aumento de 73,7%, mas o advento da soja GM teve forte influência no crescimento, como pode ser observado na Figura 27. Este crescimento, culminou com as exportações Brasileiras superando pela primeira vez as exportações dos EUA nas exportações globais de soja em 2013, conforme apurado pela Departamento de Agricultura dos EUA (SALIN, 2014).

Figura 27. Crescimento da soja Brasil no Brasil entre 2000 e 2010 em área (ha) e produção (mil toneladas)



Fonte: adaptado de CONAB (2015)

A soja GM, cujo termo inglês – GMO (*Genetically Modified Organism*), também é muito utilizado na literatura, passou a ocupar cada vez mais espaço no cultivo, mesmo tendo sementes mais caras que a “soja convencional” (termo frequentemente utilizado para a soja NGM), além de pagar royalties ao detentor da patente no ato da venda da produção. Os benefícios econômicos derivados na aplicação de menos defensivos e fertilizantes, as propriedades de resistência a pragas, e sua capacidade de ser mais produtivo em climas e solos menos favoráveis, estimulam sua adoção. Segundo os agricultores, as vantagens compensam os custos adicionais de sementes e royalties. Já a “soja convencional”, que não sofreu alteração genética e também conhecida pelo termo inglês GMO-Free (*Genetically Modified Organism – Free*), passou a ter oferta mais limitada em detrimento da adoção majoritária do plantio de soja GM.

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor de produtos GM, atrás apenas dos EUA em área cultivada com GM, representando 27% da área globalmente cultivada em 2016 (ISAAA, 2016). Antes de 1996, não havia comercialização legal de produtos GM. Em 1996, a área total de produtos GM cultivadas no mundo era de apenas 1,7 milhões de hectares, sem cultivo no Brasil. 20 anos depois, 93,4% da área de cultivo da soja no Brasil era GM (ISAAA, 2016) – percentual quase igual aos 94% nos EUA. Portanto, apenas 6,6% de toda área cultivada com soja em 2016 era soja NGM. Considerando a produção de 95,4 milhões de toneladas de soja de 2016 (CONAB, 2016), aplicando a mesma proporcionalidade de área com cultivo de soja GM, houve produção de 89,1 milhões de toneladas de soja GM, contra apenas 6,3 milhões de toneladas NGM.

2.6.2 CONSUMO DA SOJA NO BRASIL E NO MUNDO: ATUAL E TENDÊNCIAS FUTURAS

87% da soja produzida globalmente foi convertida em farelo de soja em 2014. Apenas 13% não foi esmagado, tendo sido aplicado em usos para consumo humano (POTTS et al., 2014). 75% de toda soja produzida foi utilizada para alimentar principalmente suínos e aves. Entre 1967 e 2007, a produção de proteína suína cresceu 294%, de ovos 353% e de aves 711%. A soja, que é elemento chave no modelo de produção industrializado de proteínas de origem animal e seus derivados,

teve forte influência no resultado (WWF, 2014), pois no mesmo período, os preços desses itens diminuíram.

As Nações Unidas projetam um aumento da população global estimada em 7,55 bilhões em 2017, para 9,77 bilhões no ano 2050. Isso representa um aumento de 29,4%, ou um crescimento anual de 0,78% de taxa composta (UNITED NATIONS, 2017). Ao mesmo tempo, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), estima que a economia global irá crescer anualmente 2,19% pela taxa composta, indicando aumento substancial do PIB global até 2050 (FAO, 2017). Com um aumento do PIB acima da taxa de crescimento populacional, haverá um aumento da médio global da renda per capita no período.

Segundo a FAO, o aumento médio global da renda per capita no período será maior nas populações em países de baixa e média renda. Como consequência direta, as populações nestes países passarão a ingerir mais calorias, bem como aumentarão a demanda por alimentos na categoria de proteína animal, laticínios e ovos. Um outro estudo da FAO (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012) indicou que em 2007, o consumo médio global de alimentos era de apenas 2.619 kcal/pessoa/dia em países em desenvolvimento – 741 kcal/pessoa/dia, ou 22% a menos que em países desenvolvidos. No ano 2050, o consumo de calorias por pessoa por dia passará a ser de 3.000 kcal/pessoa/dia no mesmo período, representando um aumento de 381 kcal/pessoa/dia (14,5%), enquanto nos países desenvolvidos, crescerá 130 kcal/pessoa/dia.

No mundo, o consumo anual per capita de proteínas de origem animal passará de 39kg para 49kg. A categoria de leite e seus derivados também aumentará de 83kg para 99kg (ALEXANDRATOS; BRUINSMA, 2012). A demanda por soja irá aumentar para acompanhar o aumento de consumo de alimentos, tanto como ração para alimentar animais, quanto para consumo direto das pessoas e indústrias do setor alimentício, principalmente nos países em desenvolvimento.

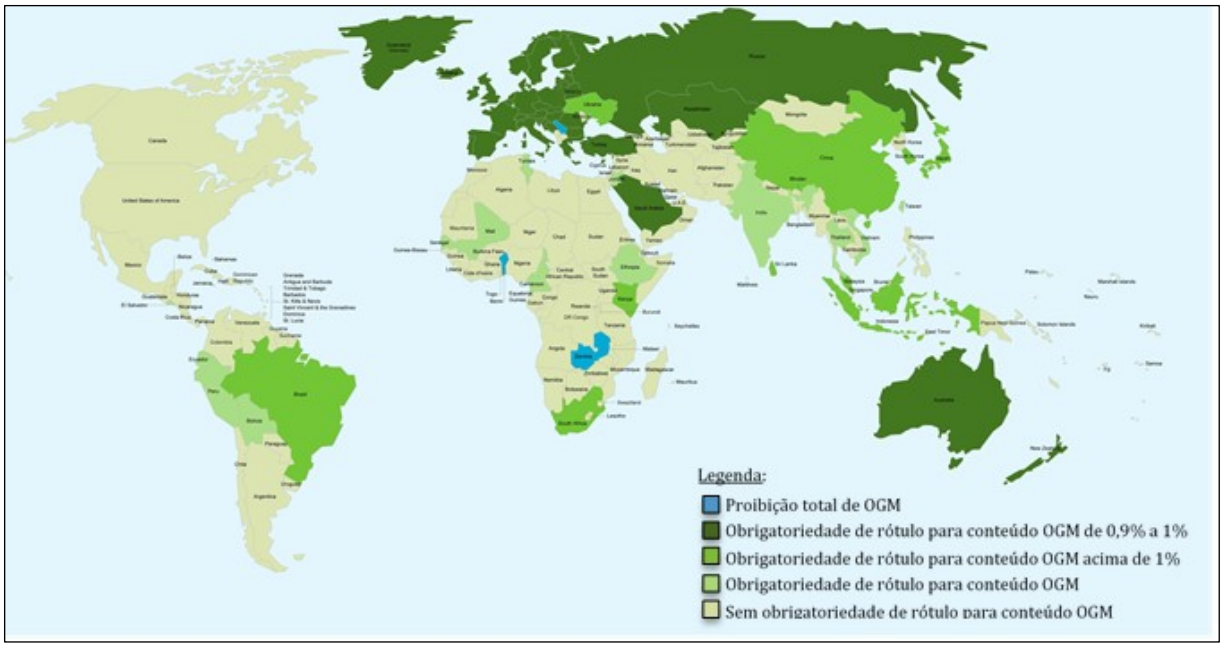
A introdução de organismos geneticamente modificado, ajudou a aumentar a produção de soja em ritmo semelhante ao do aumento de sua demanda. Os dois maiores produtores, que juntos produziram aproximadamente 60% da soja do mundo – os EUA e o Brasil – utilizaram-se de aproximadamente 94% da área cultivada com soja GM (ISAAA, 2016). Todavia, a introdução de alimentos GM também estimulou o debate na sociedade, quanto à segurança à saúde. A UE tem sido o bloco comercial

consumidor mais sensível aos questionamentos de sua população, passando a exigir desde 1997 que os rótulos de alimentos indiquem a presença de OGM, sendo o primeiro evento dessa natureza no mundo (MANDEMAKER, 2015).

Em 2004, a UE instituiu regulação exigindo que todo produto de alimento humano e ração destinado a alimento de animais contendo OGM, bem como produtos derivados deles, tenha isso informado em seus rótulos (BROOKES; CRADDOCK; KNIEL, 2005). Em 2009, a China divulga certificado atestando a segurança de variedades de arroz e milho visando atenuar questionamentos sobre alimentos GM, mas protestos contra alimentos GM continuaram na China.

Segundo levantamento do *Center for Food Safety* (CFS), 64 países exigem que alimentos que contém OGM devem ter em seu rótulo indicativo ao consumidor, como pode ser observado na Figura 28 (CFS, 2018).

Figura 28. Mapa Mundial de adoção de legislação de rótulos de alimentos



Fonte: Adaptado de CFS (2018)

Dentre os principais consumidores, apenas os EUA não possuem legislação federal exigindo a informação nos rótulos de alimentos quando há ingrediente OGM, apesar de pesquisas indicarem que a maioria dos consumidores desejam saber se os seus alimentos contêm ingredientes OGM. Um exemplo, é a pesquisa do The Mellman Group (2015), onde 88% dos entrevistados estavam favoráveis à indicação no rótulo.

A opinião dos consumidores em diversos países tem exercido pressão sobre os seus governos, que legislam sobre a permissão do plantio de OGM, sobre sua importação e seu uso, e se pode ser destinado a alimento humano ou apenas para ração animal.

Um exemplo é o Japão, onde há forte pressão popular que o país continue sem permitir a entrada do cultivo OGM. Na UE, cada um dos países membros pode optar por permitir o plantio, sendo que das principais economias, apenas 4 – Espanha, Portugal, Eslováquia e a República Tcheca, tem cultivado milho OGM em escala (BRANKOV, 2018). A Alemanha não permite o cultivo de OGM. Maior economia da Europa, é um dos países que sofre forte pressão de sua população, como a recente pesquisa de mercado (MINTEL, 2018) mostrou: 25% dos novos lançamentos de alimentos na Alemanha alegavam ser orgânicos.

Entre 2008 e 2017, os lançamentos orgânicos representaram um crescimento de 291%. Mesmo assim, 72% dos alemães gostariam de ter uma maior escolha nas prateleiras. 54% disseram que o elemento orgânico é um fator decisivo para a escolha.

Na China, uma política mais liberal iniciada em 2014 que previa investimentos em desenvolvimento de soja e milho OGM, foi revertida em 2016, quando foi proibido o plantio de OGM para alimentos, exceto papaia e algodão. Uma pesquisa na província de Heilongjiang, maior produtora de grãos da China, indicou que 90% dos respondentes tinha objeções com relação a produtos OGM, segundo a agência oficial Xinhua. Heilongjiang proibiu todo tipo de plantio de OGM na província. Os consumidores chineses também têm pressionado o estado, no sentido de ter mais informações sobre OGM e suas aplicações. Diante de diversos escândalos relacionados a alimentos, demonstram desconfiança com relação a OGM. Atualmente, só é permitido a importação de soja GMO para uso em ração animal (FINANCIAL TIMES, 2016).

Há, portanto, uma tendência de maior demanda por proteínas animais e seus derivados no mundo, implicando uma demanda crescente por soja. Esta por sua vez, enfrenta desconfianças de consumidores em diversos países, relacionadas a produtos OGM. O MT é produtor dos dois tipos de soja: OGM e não OGM. Ambos são exportados aos principais mercados consumidores – a China e a União Europeia.

2.6.3 LOGÍSTICA DE ESCOAMENTO DA SOJA

O termo “logística” tem suas origens no verbo francês *loger*, significando “alojar”. Foi utilizado para definir a movimentação do exército francês de Napoleão Bonaparte, incluindo todas as atividades envolvidas para assegurar o transporte, abastecimento e alojamento das tropas nas guerras do século XVII. Em tempos de paz, após a Segunda Guerra Mundial, adquiriu o conceito de “conjunto de atividades relativas à previsão e à provisão dos meios necessários à realização das ações impostas pela estratégia nacional” (RODRIGUES, 2014, p. 156).

No pós-guerra, o conceito de logística evoluiu e se fortaleceu primeiro nas indústrias, necessitadas de ações para gerir as compras de insumos e assegurar a entrega de seus produtos nos seus clientes. Esse processo envolvendo desde as atividades de compras, passando por armazenamento, controle dos estoques, expedição e o transporte da chegada dos insumos e saída dos produtos acabados, inicialmente realizado em áreas individuais, passou a ser gerido de forma integrada e conhecida como cadeia de suprimentos (*supply-chain*), passou a ser adotado por todas atividades econômicas, como comércio, serviços e o agronegócio. Rodrigues (2014, p. 157) explica que “ao longo da cadeia logística, vários tipos de valor (ou utilidade) são agregados ao produto”. Ele destaca que o produtor agrega valor ao atendimento de especificações qualitativas, o transporte através da disponibilização no local e no tempo acordado pelo cliente, e que a cadeia da logística se encerra com a troca da titularidade do produto. Este processo também é identificado como o processo de distribuição física.

A cadeia de logística de escoamento da soja para exportação inicia com a disponibilidade da soja no produtor rural, encerrando com a entrega no local combinado pelo cliente do produto.

Na exportação da soja brasileira, a maioria dos produtores rurais não se envolve com a cadeia de logística, pois não exportam sua produção diretamente. “A dinâmica do mercado é de vender a produção agrícola a grandes conglomerados com presença global, que dominam a cadeia de *commodities* agrícolas no mundo, desde a originação, até à sua transformação em agroindústrias” (THADANI; ROCHA, 2019, p. 188).

Thadani e Rocha (2019, p. 188) explicam que estes grandes conglomerados são conhecidos como “*Tradings*”, devido à “sua natureza de comercializar (“*trade*” em

inglês) os *commodities*, adquirindo diretamente dos produtores e entregando a clientes em qualquer parte do globo, in natura, ou beneficiado". Destacam ainda, que "a maioria das grandes *Tradings* são empresas verticalizadas, se encarregando de toda cadeia de logística até ao destino final".

Estudos de Payer (1975) sobre o comércio de *commodities* nos anos 1970, já destacava a verticalização em curso das grandes empresas globais do comércio de grãos. Sua representatividade no Brasil é expressiva: em 2015, 82% dos grãos exportados pelo Brasil foi comercializada pelas *Tradings*. Naquele ano, apenas quatro *Tradings*, conhecidas pelo acrônimo de ABCD (que são respectivamente as empresas Archer Daniels Midland, Bunge, Cargill e Louis Dreyfus), responderam por 37% das exportações de grãos do Brasil. Os 45% restantes foram exportados pelas *Tradings* de origem asiática, em franca expansão no mercado brasileiro. A chinesa COFCO se destaca, mas também há participação de empresas japonesas, coreanas e cingapurianas (BONATO, 2016).

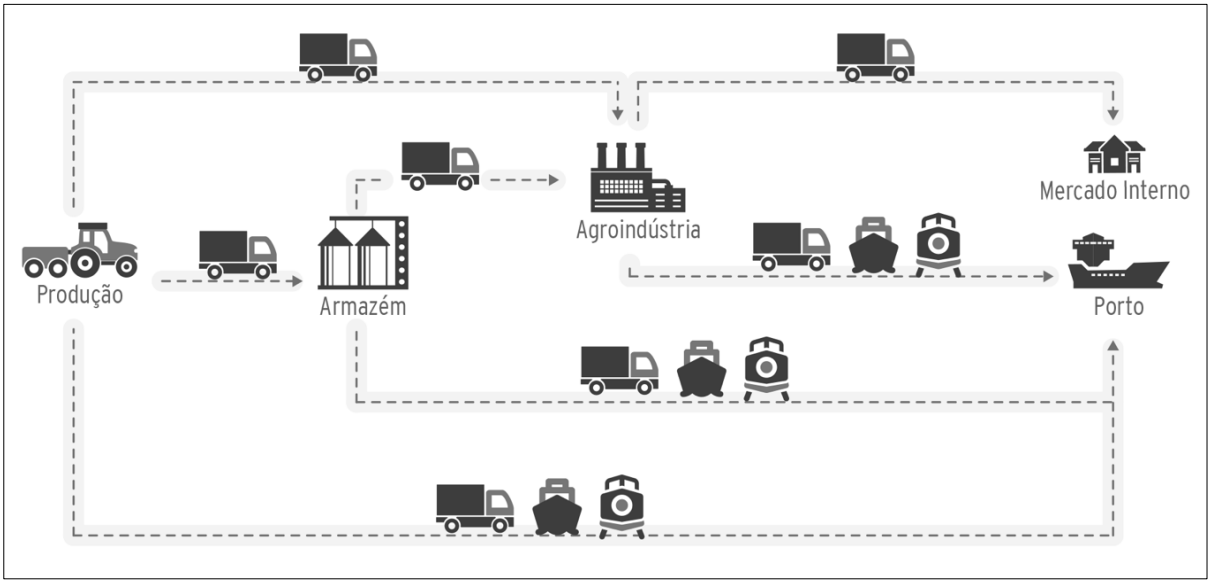
Ao comprar a soja diretamente do produtor rural brasileiro, as *Tradings* assumem os riscos e a coordenação da logística de escoamento, incluindo principalmente o transporte, armazenamento e transbordo entre modais de transporte até ao embarque da soja nos navios graneleiros de longo curso nos portos marítimos de exportação no Brasil. Para muitos produtores, é preferível transferir a responsabilidade e riscos da gestão da cadeia logística às *Tradings*, devido à complexidade da gestão e coordenação dessa logística da porteira ao porto (LEITÃO, 2014).

A logística de escoamento da soja exportada consiste em duas etapas distintas. A primeira etapa, conhecida como porteira ao porto, é a etapa em qual a soja é coletada na fazenda do produtor rural e transportada até ao porto marítimo de exportação. Nesta etapa, a logística pode ser multimodal, envolvendo mudanças de modais de transporte, até à chegada ao porto pelo qual a soja será exportada. A segunda etapa ocorre com o transporte marítimo de longo curso até ao porto de destino, que geralmente é o ponto de entrega acordado, concluindo assim o ciclo logístico, com a troca de titularidade do produto. O cliente é o comprador, que determina o porto onde a soja deve ser entregue, com o produtor rural no papel de fornecedor.

A logística da porteira ao porto sempre envolve o transporte rodoviário, para retirar a soja da fazenda do produtor rural. A partir da retirada, poderá haver um transporte único rodoviário diretamente ao porto exportador, ou haver troca de modais de transporte, até chegar ao porto exportador. As trocas de modais são realizadas em ETC, podendo ser do modal rodoviário para ferroviário, ou de rodoviário para aquaviário, seguindo então até ao porto exportador. Tanto nas ETC, quanto nos portos exportadores, há uma etapa que envolve a movimentação dos grãos para um armazenamento concentrador, antes de ser transferido, pois tanto o modal ferroviário, quanto aquaviário, transportam volumes maiores que os volumes individuais do transporte rodoviário. Nos portos exportadores há novamente armazenamento concentrador antes de ser transferido ao modal do transporte marítimo de longo curso, que movimenta os maiores volumes da logística de grãos. A Figura 15 anteriormente apresentada, exemplifica bem as diferenças das capacidades de transporte de cada modal na logística de escoamento da soja entre a porteira e o porto.

A Confederação Nacional do Transporte (CNT) divulgou um estudo específico, tratando dos entraves logísticos no escoamento de soja e milho, avaliando a logística de escoamento da porteira ao porto, para os grãos exportados e para os clientes que consomem os grãos no mercado brasileiro. O fluxo simplificado pode ser observado na Figura 29.

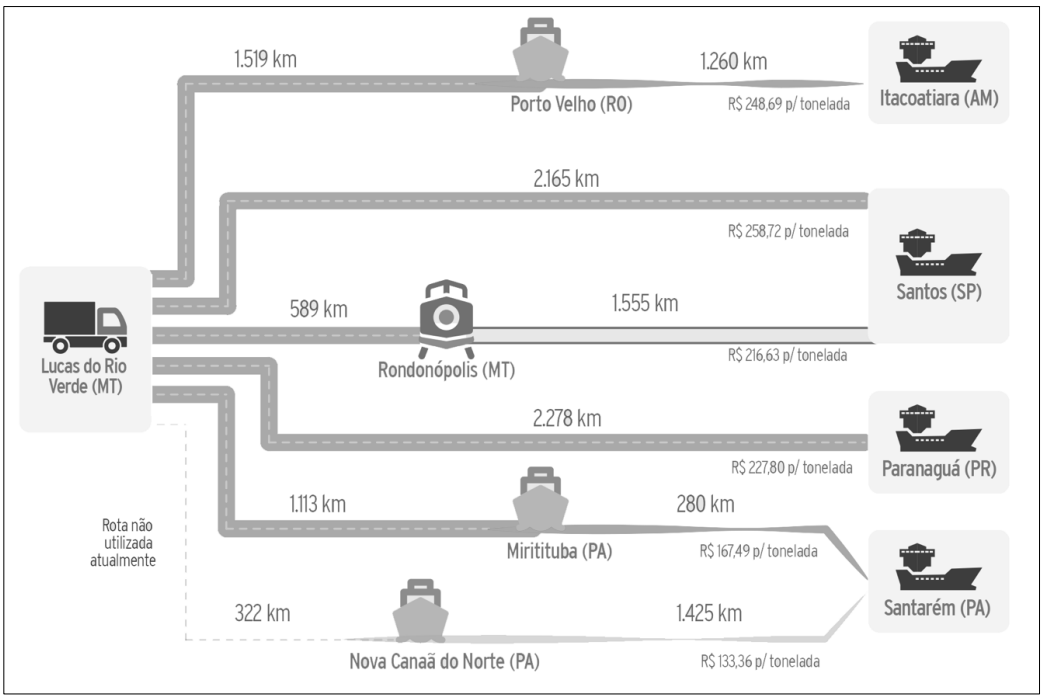
Figura 29. Logística da distribuição de grãos e derivados no Brasil



Fonte: Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho (CNT, 2015)

A CNT também avaliou as diversas opções disponíveis para o produtor de Lucas do Rio Verde, uma das regiões de maior produção de grãos no Mato Grosso, em escoar seus grãos para exportação. A comparação das opções demonstra como a logística multimodal reduz o custo total da logística comparando custos e distâncias com transporte exclusivamente rodoviário, e multimodal com ferroviário e aquaviário, conforme Figura 30.

Figura 30. Comparação de custos de transporte de opções de logística para escoar grãos a partir de Lucas do Rio Verde/MT a portos marítimos exportadores



Fonte: Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho (CNT, 2015)

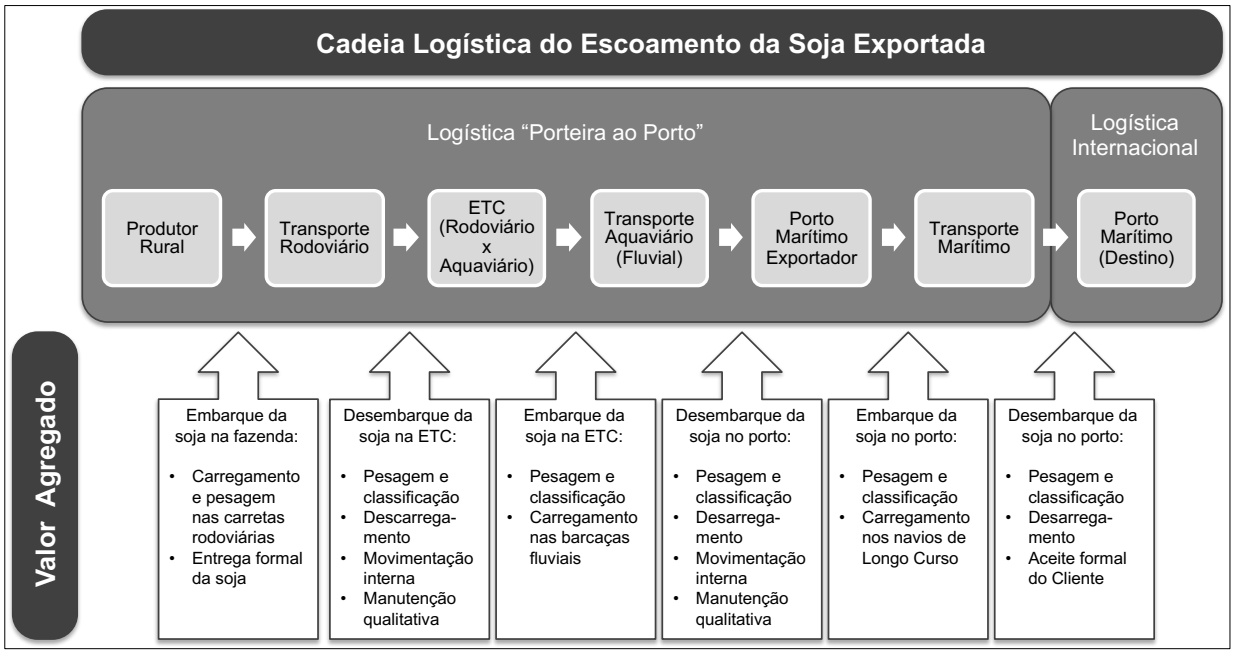
O Levantamento da CNT divulgado em 2015, indica a competitividade da logística utilizando a multimodalidade combinando o transporte rodoviário com aquaviário entre Lucas do Rio Verde/MT e o porto marítimo de exportação de Santarém/PA, no Arco Norte, como sendo a solução de menor custo, utilizando as ETC de Miritituba/PA. O estudo também simulou a mesma rota entre Lucas do Rio Verde/MT e Santarém/PA, utilizando uma ETC em Nova Canaã do Norte/MT, onde o transporte aquaviário poderia transportar a soja pela hidrovia Teles-Pires – Tapajós, que está em estudos. Esta hidrovia não é navegável hoje, pois necessitaria de elevados investimentos em dragagem e eclusas para ser navegável. Mesmo tendo uma distância total maior, por favorecer o modal aquaviário, teria um custo final 20,4%

menor, elucidando a importância do modal aquaviário para reduzir o custo total da logística de escoamento da soja destinado à exportação (CNT, 2015).

Cada etapa na cadeia logística de escoamento da soja, após o embarque nos caminhões da fazenda, exige que a soja seja pesada e classificada qualitativamente antes de seu desembarque no armazenamento, onde é movimentada internamente. Antes do reembarque ao próximo modal, é novamente pesada e classificada qualitativamente. Para preservar a integridade do produto transportado, soja de diferentes qualidades não pode ser misturada. Adicionalmente, o armazenamento da soja exige que a umidade seja continuamente controlada (CNT, 2015; LEITÃO, 2014).

A cadeia logística multimodal do escoamento da soja destinado à exportação utilizando o modal aquaviário é representada conforme Figura 31.

Figura 31. Cadeia logística do escoamento da soja destinado à exportação - porteira ao porto



Fonte: elaborado pelo autor

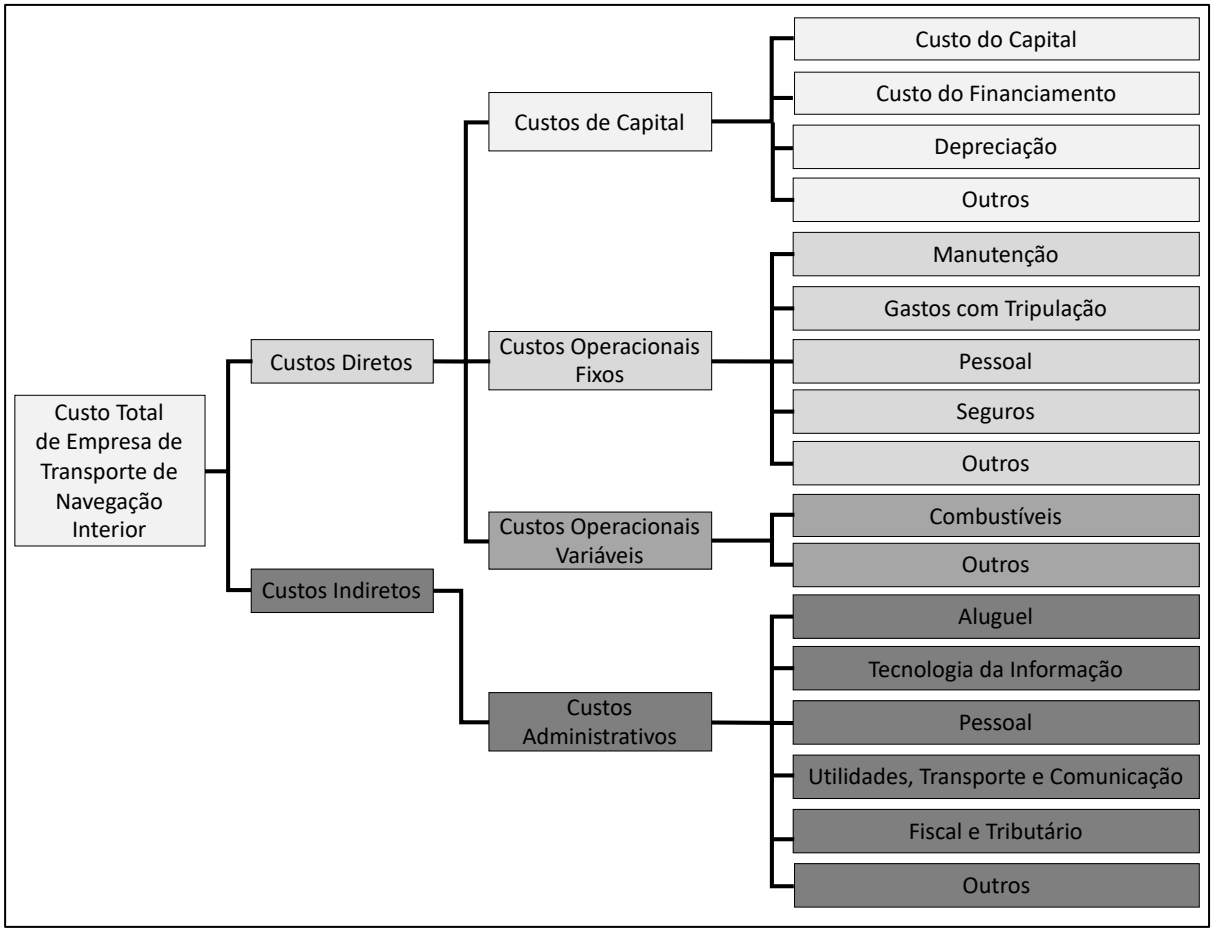
Esta dissertação objetiva apenas o estudo do transporte aquaviário entre a ETC e o porto marítimo exportador na cadeia logística de escoamento da soja, a partir das ETC de Miritituba/PA, aos portos exportadores marítimos do Arco Norte na região Amazônica.

3 METODOLOGIA E COLETA DE DADOS

A metodologia adotada, foi adaptada da estrutura do modelo dos autores Al Enezy et al. (2017), que têm como referência o transporte de cargas em navegação interior nas hidrovias da Europa com a realidade legal e operacional daquela região. Há diferenças substanciais entre a navegação interior de cargas entre as duas regiões, Europa e Amazônia, tornado o modelo desenvolvido pelos autores pouco aderente ao cálculo dos custos do transporte de soja nas hidrovias da Amazônia.

Assim, o modelo a seguir é uma adaptação de Al Enezy et al. (2017), com um detalhamento da estrutura de custos aderente ao caso em estudo na região do Arco Norte, para o transporte de soja em grão a partir de Miritituba, aos portos fluviais de longo curso na Amazônia, resultando no modelo desenvolvido e utilizado neste trabalho, demonstrado na Figura 32 e detalhado neste Capítulo.

Figura 32. Estrutura da composição ampla de custos que resultam no custo total de empresa de transporte de navegação interior em hidrovias da Amazônia



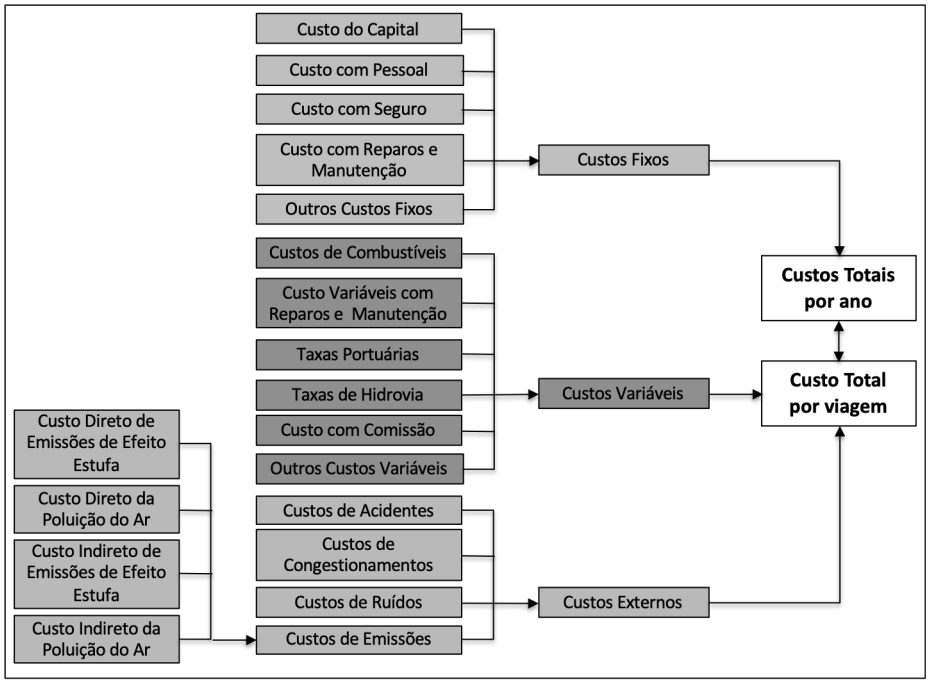
Fonte: elaborado pelo autor

O modelo foi construído a partir da problemática da região. Para tal, reuniu um estudo exploratório das publicações científicas, legais e de opiniões de especialistas, considerando todos os aspectos possíveis para uma estrutura de custos de transporte em navegação interior, representando o escopo a partir da perspectiva de um operador de transportes. Assim, contempla os custos diretos do transporte, sua gestão e administração, com foco nas hidrovias do estudo, podendo eventualmente ser extrapolado em pesquisas futuras para outras hidrovias e cargas graneleiras na Amazônia.

Os custos variáveis relacionados ao uso das hidrovias, como passagem em eclusas ou obrigatoriedade de utilização de praticagem foram desconsiderados. A única eclusa nas bacias hidrográficas do escopo deste estudo, fica na hidrelétrica de Tucuruí, no Rio Tocantins. Apesar de funcional, a eclusa é pouco utilizada, por ter uma restrição no leito à montante do lago da hidrelétrica, limitando seu uso para cargas durante o ano como um todo, em razão de um trecho com baixo calado, por conta de uma região que necessitaria ser derrocada. Nas hidrovias da Amazônia, para o transporte por balsas, não há obrigatoriedade de prático, ao contrário de outros casos.

A Figura 33 demonstra o modelo desenvolvido pelos autores Al Enezy et al. (2017) para o setor de transporte de cargas na navegação Interior da Europa.

Figura 33. Estrutura do modelo de cálculo de custos para o setor de navegação interior



Fonte: Al Enezy et al. (2017)

Al Enezy et al. (2017) conduziram entrevistas com atores do setor de transporte de cargas na navegação Interior da Europa, quando avaliaram em detalhes 12 modelos de cálculos de custos de transporte de cargas para aquelas hidrovias, após suas pesquisas iniciais. Os estudos incluíram o transporte de diversos tipos de cargas, como granéis líquidos, granéis sólidos, contêineres e diferentes embarcações, tanto autopropulsionadas quanto não propulsionadas. Alguns modelos estudados apresentaram custos considerando a viagem de ida e volta. Outros utilizaram valores médios para diversos tipos de transporte ou limitaram a quantidade de horas que o transporte poderia ser realizado diariamente, dependendo das limitações legais de países ou hidrovias específicas.

Centralmente, o que levou a adaptação do modelo foram variáveis não específica (ou agregadoras de diferentes variáveis) ou elementos muito específicos daquelas hidrovias. Com isso, o modelo da Figura 33 expressa os três principais grupos de custos, tendo como base a pesquisa realizada nas hidrovias comerciais da Europa: os custos fixos, custos variáveis e os custos externos.

O modelo desenvolvido e utilizado neste trabalho, e demonstrado na Figura 32, foi resultado da identificação de diferenças relevantes no ambiente legal e entre as operações de transporte de cargas nas hidrovias da Europa e da Amazônia, com as adaptações e fontes de dados detalhadas a seguir. Sua aplicação está realizada e discutida no próximo Capítulo.

Nas hidrovias da Amazônia, os custos externos destacados por Al Enezy et. al. (2017), não impactam de forma relevante nas empresas de transporte de navegação interior. Apesar de distâncias muitas vezes bem superiores às percorridas em hidrovias na Europa, não há mudanças de legislação e regras de ordenamento na região Amazônica em quais o transporte a granel de grãos é realizado, por estar sendo desenvolvido dentro do mesmo país, regido por legislação federal, que não muda em todo território nacional. Apenas a legislação tributária estadual tem variações, refletidas no modelo desenvolvido deste trabalho.

A legislação brasileira também não impõe restrições sobre horários de trabalho, ou outros controles que impactam na operação de transporte de cargas nas hidrovias da Amazônia, como em diversos países da Europa, proibindo a navegação em certos horários nas proximidades de cidades ou portos.

A incidência de acidentes, e, portanto, custos decorrentes dos mesmos, é muito baixa, tanto na Europa, como no Brasil, e difícil de valorar.

As distâncias e os volumes de cargas transportadas em comboios nas hidrovias Amazônicas, geralmente grandes comparados aos dos transportes de carga na Europa, também impactam na apuração e composição dos custos de transporte de cargas. Os maiores comboios operando na Amazônia podem transportar volumes semelhantes a um navio de longo curso da classe *Panamax*, superando 40.000 toneladas, acima das capacidades nas principais hidrovias da Europa.

Outro fator relevante, é o frete de retorno, pois a maior parte das organizações de transporte de cargas aquaviários, conseguem diluir os custos ao conseguir contratos de frete para os trechos de retorno, mesmo que, com volumes menores, ou apenas parte da distância. No transporte de granéis pelas hidrovias da Amazônia, é incomum conseguir contratos de transporte nos trechos de retorno, obrigando as empresas de transporte hidroviário a considerar em seus custos de transporte, tanto o trecho da origem ao destino pelo qual a carga é transportada, quanto o trecho do regresso das embarcações vazias.

Na elaboração do modelo deste estudo, diversos trabalhos foram utilizados, como o relatório executivo Estudo da Prática Regulatória, Vantagens Competitivas e Oferta e Demanda de Carga Entre os Países Signatários do Acordo da Hidrovia Paraguai-Paraná, elaborado pela UFPR/ITTI (2017) e divulgado ANTAQ em 2018. O estudo também corrobora a estrutura de modelagem de custos internos de empresa de navegação deste trabalho. O relatório detalhou os custos fixos de transporte de empresas de navegação interior na Hidrovia Paraguai-Paraná em um estudo de caso, conforme o Quadro 7, identificando os itens dos custos, exceto custos de praticagem para comboios fluviais cobrados no trânsito em águas territoriais da Argentina, conforme destacado pelo Pagot (2020).

Quadro 7. Itens dos custos fixos de transporte de empresa de navegação interior

Item	Descrição
Manutenção	Visando o bom funcionamento dos maquinários, adotou-se um período anual de 30 dias para realização das manutenções necessárias. Conforme mencionado por uma empresa brasileira de navegação, o custo médio de manutenção foi estimado em 2% a.a., sobre o valor das barcaças, e 4% a.a., sobre o valor dos empurradores.

Quadro 7. Itens dos custos fixos de transporte de empresa de navegação interior (continuação da página anterior)

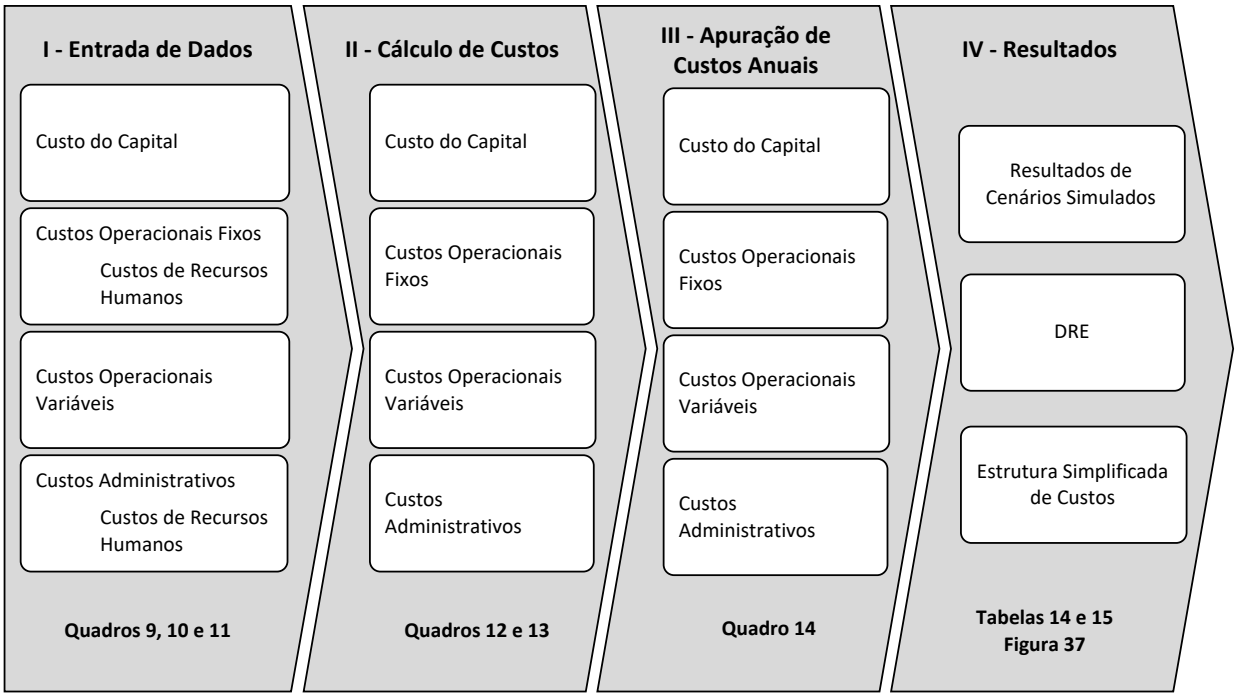
Item	Descrição
Operacionais (rancho)	Para a alimentação da tripulação foi considerada o valor diário de R$15,00 por tripulante. Esse valor foi multiplicado pela quantidade de tripulantes e pelos dias trabalhados no ano.
Operacionais (mão de obra)	Esse item é composto pela soma dos custos trabalhistas, conforme será evidenciado no tópico Encargos Trabalhistas.
Seguros	Para o cálculo do seguro foi adotado o percentual de 1,5% a.a. sobre o valor total da frota.
Estabelecimento	Esse item é composto pela soma das despesas administrativas (água, energia elétrica, telecomunicações e combustível do veículo da empresa).
Depreciação	A depeciação dos ativos incidiu sobre o rebocador e as barcaças, por serem estas integrantes do patrimônio da empresa. O valor total da composição da frota foi de R$5.730.000,00 (1 empurrador e 4 barcaças).
Abertura da empresa	O custo de abertura da empresa é todo o capital despendido para formalização do empreendimento.
Impostos	Esse item é composto pela soma dos custos tributários, conforme será evidenciado no tópico Encargos Tributários.

Fonte: UFPR/ITTI (2017)

Assim, o modelo elaborado neste trabalho reuniu todos os custos operacionais fixos e variáveis, os custos de capital, e os custos administrativos, permitindo calcular de forma assertiva o custo total de uma empresa de navegação interior de transporte de grãos nas hidrovias da Amazônia, além de precisar os custos por tonelada de soja transportada e o retorno sobre os investimentos.

O procedimento adotado para utilização do modelo desenvolvido, consistiu na coleta de dados, e processados em quatro etapas distintas, utilizando planilhas eletrônicas, conforme demonstrado no fluxograma da Figura 34:

Figura 34. Mapa do processo da apuração dos custos



Fonte: elaborado pelo autor

Na Seção 3.5.1. é detalhada o procedimento adotado, e são demonstrados através de oito quadros, como os resultados do modelo são obtidos.

Para iniciar o processo, é necessário coletar os dados, destacados na primeira etapa da apuração dos custos, conforme Figura 34. A seguir, segue a descrição da coleta de dados para permitir o cálculo dos custos utilizando o modelo desenvolvido.

3.1 CUSTO DE CAPITAL

Empresas de navegação interior, transportando granéis sólidos ou líquidos na Amazônia, utilizam comboios, compostos de um conjunto de barcaças não propulsionadas, onde são carregados e transportados os granéis, combinadas por meio de amarração. O conjunto de barcaças é conduzido por uma embarcação propulsionada que não transporta cargas, conhecidas como empurrador. O empurrador também conta com toda estrutura para a tripulação do comboio, como alojamentos, refeitório, ambulatório e equipamentos de salvatagem. Este método é utilizado em diversas bacias hidrográficas no mundo, com transporte de grandes volumes de granéis, principalmente na América do Sul e América do Norte. Minérios,

combustíveis e grãos figuram nos produtos mais transportados em comboios de barcaças.

Portanto, o maior investimento em uma empresa de transporte de grãos na navegação interior, consiste nos ativos em barcaças e empurradores. A aquisição desses ativos, quando próprios, pode ser com capital próprio, através de aporte dos proprietários e investidores, ou de terceiros, quando é feito um empréstimo. Ambos têm um custo para a organização.

Para apuração de custos diretos de capital, devem ser consideradas os custos do capital, que são a remuneração do capital aportado para montar a empresa, permitindo ela se tornar operacional, quaisquer custos com financiamento, se houver financiamento de ativos, os valores de depreciação sobre os ativos, e quaisquer outros custos vinculados aos custos de capital. O Custo do Capital próprio, aportado pelo investidor, é a remuneração que ele espera sobre o montante aportado, definido pelo conselho de administração ou sócios.

Quando o capital é de terceiros, a remuneração do capital ocorre por meio de pagamento de juros estipulados pelo financiador, que passam a compor os custos da organização. O capital de terceiros pode ser composto por capital oriundo de empréstimos financeiros, como BNDES, FMM, ou outras instituições, e é geralmente remunerado através do pagamento de taxas de juros, que deve ser considerado na apuração dos custos de capital.

Um outro custo, é a depreciação do bem ao longo do tempo. O valor da depreciação anual dos Ativos Imobilizados, deve ser rateado de acordo com as taxas anuais de depreciação divulgadas pela Receita Federal do Brasil (RFB), com base na vida útil de cada tipo de bem depreciável. A Tabela III da Instrução Normativa RFB nº 1700 (2017), determina as seguintes taxas de depreciação para Embarcações e Estruturas Flutuantes, do Capítulo 89, conforme Quadro 8.

Quadro 8. Taxas anuais de depreciação para Embarcações e Estruturas Flutuantes

Referência NCM	Bens	Prazo de vida útil (anos)	Taxa anual de depreciação
Capítulo 89	EMBARCAÇÕES E ESTRUTURAS FLUTUANTES		
8901	TRANSATLÂNTICOS, BARCOS DE CRUZEIRO, "FERRY-BOATS", CARGUEIROS, CHATAS E EMBARCAÇÕES SEMELHANTES, PARA O TRANSPORTE DE PESSOAS OU DE MERCADORIAS	20	5%
8902	BARCOS DE PESCA; NAVIOS-FÁBRICAS E OUTRAS EMBARCAÇÕES PARA O TRATAMENTO OU CONSERVAÇÃO DE PRODUTOS DA PESCA	20	5%

Quadro 8. Taxas anuais de depreciação para Embarcações e Estruturas Flutuantes (continuação da página anterior)

Referência NCM	Bens	Prazo de vida útil (anos)	Taxa anual de depreciação
8903	IATES E OUTROS BARCOS E EMBARCAÇÕES DE RECREIO OU DE ESPORTE; BARCOS A REMOS E CANOAS		
8903,1	-Barcos infláveis	5	20%
8903,9	-Outros	10	10%
8904	REBOCADORES E BARCOS CONCEBIDOS PARA EMPURRAR OUTRAS EMBARCAÇÕES	20	5%
8905	BARCOS-FARÓIS, BARCOS-BOMBAS, DRAGAS, GUINDASTES FLUTUANTES E OUTRAS EMBARCAÇÕES EM QUE A NAVEGAÇÃO É ACESSÓRIA DA FUNÇÃO PRINCIPAL; DOCAS OU DIQUES FLUTUANTES; PLATAFORMAS DE PERFURAÇÃO OU DE EXPLORAÇÃO, FLUTUANTES OU SUBMERSÍVEIS	20	%
8906	OUTRAS EMBARCAÇÕES, INCLUÍDOS OS NAVIOS DE GUERRA E OS BARCOS SALVA-VIDAS, EXCETO OS BARCOS A REMO	20	5%
8907	OUTRAS ESTRUTURAS FLUTUANTES (POR EXEMPLO: BALSAS, RESERVATÓRIOS, CAIXÕES, BÓIAS DE AMARRAÇÃO, BÓIAS DE SINALIZAÇÃO E SEMELHANTES)		
8907,1	-Balsas infláveis	5	20%
8907,9	-Outras	20	5%

Fonte: Receita Federal do Brasil (2017)

Com base na legislação, barcaças graneleiras, classificados pelo código NCM 8901, e empurradores de comboios de barcaças graneleiras, pelo código NCM 8904, possuem uma vida útil de 20 anos, devendo, portanto, ser depreciadas anualmente em 5% do seu valor.

Caso a organização reúna elementos técnicos que comprovam um período de depreciação diferente do estabelecido pela RFB, poderá buscar bases legais para realizar os registros de acordo com o efetivo desgaste dos bens de ativo imobilizado, como o caso da depreciação acelerada, por exemplo.

3.1.1 BARCAÇAS E EMPURRADORES

Analisando a publicação entre 2010 e 2019 das Resoluções do Conselho Diretor do Fundo da Marinha Mercante (CDFMM), que é responsável por conceder “prioridade de apoio financeiro” do Fundo da Marinha Mercante (FMM) às empresas brasileiras pela aprovação de projetos voltados à construção de estruturas navais, foi possível identificar dados dos principais projetos de construção de barcaças graneleiras e

empurradores na região Amazônica para transporte de granéis sólidos (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2020a).

Os resultados obtidos são referência de valores, quantidades e dimensões das embarcações, pois o FMM oferece financiamento de projetos navais a taxas de juros atrativos e prazo de até 20 anos para pagamento, estimulando a indústria naval no país (MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA, 2016). Devido à taxa de juros vantajosa e o longo prazo para pagamento, poucas empresas deixam de utilizar os recursos do FMM, e, portanto, seus registros são representativos para identificar dados das embarcações.

Segundo Pagot (2020), "nos últimos cinco anos, projetos de empurradores e barcaças enquadrado [nas linhas de financiamento do] FINAME, também tiveram significativa demanda, embora o prazo seja de no máximo 12 anos", dado que os juros negociados ficaram abaixo dos juros cobrados pelo BNDES e FMM.

Esta observação indica que a taxa de juros é relevante para estimular os investimentos em ativos navais, e que, mesmo tendo linhas de crédito com prazos mais curtos de financiamento, passam a ser atrativos quando sua taxa de juros é menor.

3.1.1.1 TIPOS DE BARCAÇAS GRANELEIRAS PARA SOJA E SEUS CUSTOS

Os dados demonstrados são referentes aos projetos cujas informações publicadas no Diário Oficial da União pelo CDFMM estavam completas, contendo: tipo de embarcação, sua capacidade (barcaça) e seu valor aprovado, totalizando 585 barcaças, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Projetos de Barcaças de granéis sólidos aprovados para financiamento pelo FMM no período entre 2010 – 2019, com emprego previsto para a região Amazônica

Tipo de Barcaça de Granéis Sólidos	Capacidade (TPB)	Quantidade	Participação (%)	Valor Unitário Aprovado (em USD)
Barcaça Box	2.000	162		1.042.126,40
Barcaça Raked	1.850 - 2.000	207		1.057.840,13
média ponderada (USD)	2.000	369	63%	1.050.941,42

Tabela 7. Projetos de Barcaças de granéis sólidos aprovados para financiamento pelo FMM no período entre 2010 – 2019, com emprego previsto para a região Amazônica (continuação da página anterior)

Tipo de Barcaça de Granéis Sólidos	Capacidade (TPB)	Quantidade	Participação (%)	Valor Unitário Aprovado (em USD)
Barcaça Box	2,481	32		1.151.219,60
Barcaça Raked	2,365	32		1.151.219,60
média ponderada (USD)	2,423	64	11%	1.151.219,60
Barcaça Box	2,672	17		815.878,24
Barcaça Raked	2.530	33		813.097,00
média ponderada (USD)	2.578	50	9%	814.042,62
Barcaça Box	3.000	6		1.664.125,80
Barcaça Raked	2.800	12		1.613.866,97
média ponderada (USD)		18	3%	1.630.619,91
Barcaça Box	3.250 - 3.350	42		1.456.567,74
Barcaça Raked	3.050 - 3.150	42		1.456.567,74
média ponderada (USD)		84	14%	1.456.567,74
Total		**585**	**100%**	

Fonte: adaptado de CDFMM (2020a)

É predominante a escolha por barcaças padrão Mississippi, com 369 das 585 barcaças dos projetos aprovados pela CDFMM, representando 63%. Possuindo dimensões menores, permite operar em todas as instalações portuárias da região Amazônica sem restrições de tamanho. Alternativas maiores são feitas exclusivamente para barcaças utilizadas em operações dedicadas.

3.1.1.2 TIPO DE EMPURRADORES DE BARCAÇAS E SEUS CUSTOS

Como no levantamento de barcaças, os dados demonstrados são referentes aos projetos cujas informações publicadas no Diário Oficial da União pelo CDFMM

estavam completas, contendo: a potência do empurrador e seu valor aprovado, totalizando 54 empurradores, conforme Tabela 8.

Tabela 8. Projetos de Empurradores aprovados para financiamento pelo FMM no período entre 2010 – 2019, com emprego previsto para a região Amazônica

Tipo de Embarcação	Potência (bhp)	Quantidade	Valor Unitário Aprovado (em USD)
empurrador	1.200	16	2.951.465,38
empurrador	1.500	6	4.473.623,24
empurrador	1.800	4	2.913.308,03
empurrador	2.200	2	8.206.686,47
empurrador	3.000	4	7.060.154,78
empurrador	3.200	2	7.127.378,00
empurrador	5.000	1	8.004.069,04
empurrador	6.000	13	13.533.822,35
empurrador	6.400	6	12.434.808,01
Total		**54**	

Fonte: adaptado de CDFMM (2020a)

51% dos empurradores tem potência de até 2.200bhp, indicando uma distribuição mais equilibrada na preferência de empurradores, justificado pelo tamanho de comboio movimentado. Deve ser notado, que o valor de investimento para aquisição de um empurrador mais potente, é maior, bem como seu consumo de combustível.

Pagot (2020) explica, que a preferência por empurradores de menor potência, e também menor calado, "se deve à sazonalidade dos rios da Amazônia, pois no período denominado de águas baixas, são muitas as restrições de navegabilidade, diminuindo-se o tamanho dos comboios e aliviando-se a carga das barcaças de acordo com a coluna d'água disponível".

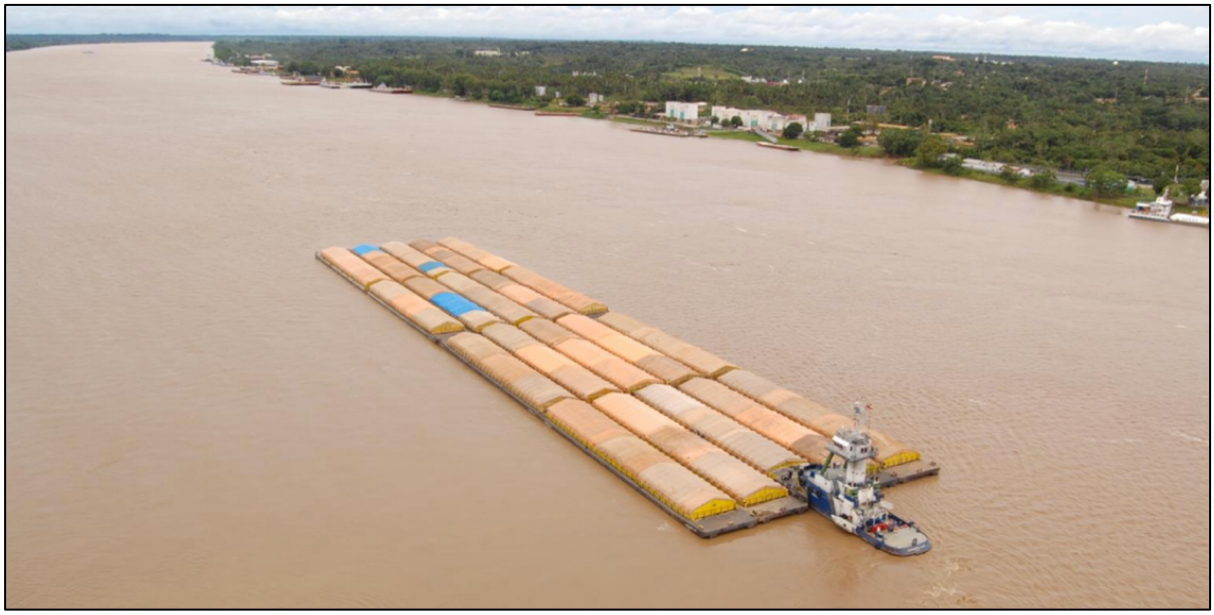
Para navegar no Rio Tapajós, a Marinha do Brasil determina que comboios com comprimento maior que 281m devem utilizar empurradores com no mínimo 4.000bhp, conforme pode ser observado nas normas NPCF-CFS (MARINHA DO BRASIL, 2015).

Comboios que operam no Rio Madeira chegam a passar de 20 barcaças, com uma carga combinada de aproximadamente 40.000 toneladas. Estes necessitam

empurradores mais potentes para assegurar a capacidade de manobra com segurança. Na Figura 35, pode ser observado um comboio com 20 barcaças navegando no Rio Madeira. Segundo Pagot (2020), estes grandes comboios navegam nos primeiros sete meses do ano, correspondente ao período de águas altas nos rios da Amazônia.

A escolha do empurrador está diretamente relacionada ao seu emprego, pois uma potência maior implica em um investimento inicial maior, mas também um consumo de combustível maior. Para obter os menores custos de transporte, é necessário escolher a potência ideal que assegura segurança e capacidade de manobra, atendendo as condições dos regimes hidrológicos pelos rios onde navega, as normas da Marinha do Brasil, além de considerar a quantidade e tipo de barcaças que serão utilizadas no comboio.

Figura 35. Comboio de 20 barcaças da Hermasa, no Rio Madeira



Fonte: Hermasa (2013)

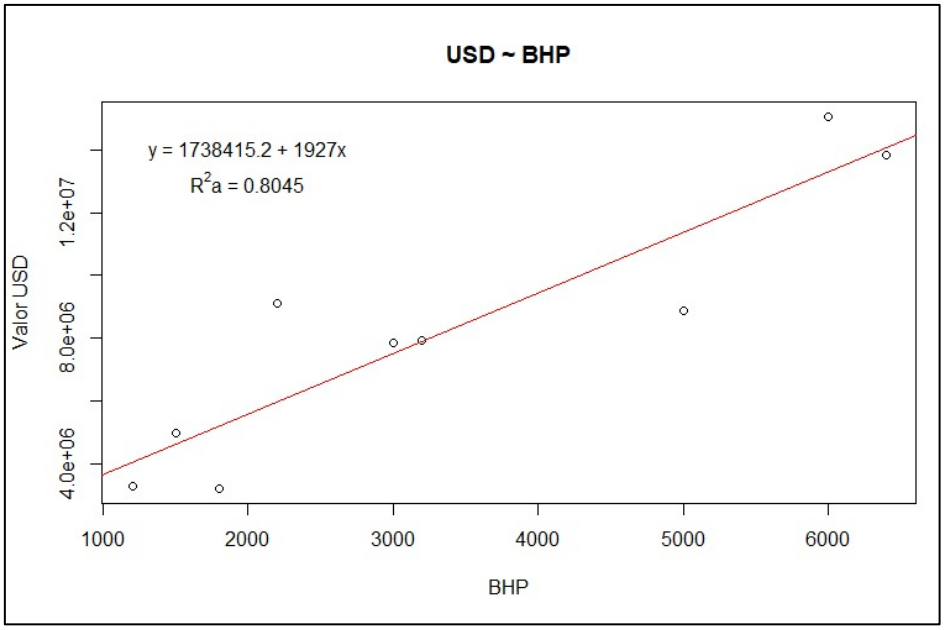
Há uma alternativa financeira à aquisição dos ativos de empurradores e barcaças, é o arrendamento dos ativos de terceiros. Neste caso, os custos de depreciação e de financiamento serão substituídos por custos com arrendamento de ativos.

Uma referência de potência para empurradores por tamanho de comboio, é a orientação da Guarda Costeira dos EUA (U.S. Coast Guard – USCG), que em seu relatório anual do Baixo Mississippi (USCG, 2018), estipula que a potência mínima de

um empurrador deverá ser de 240bhp para cada barcaça carregada, ao navegar no Rio Mississippi com “águas altas”, que ocorre com o período de cheia. O período em qual há maior movimentação de soja nos rios da Amazônia, coincide com as cheias dos regimes hidrológicos, podendo ser considerada uma boa referência de potência para comboios na Amazônia.

Aplicando uma regressão linear simples utilizando o software R aos valores dos 54 empurradores da Tabela 8 por potência em bhp, é possível obter valores referência com R2 ajustado de 0,8045, conforme Figura 36. O coeficiente R^2 demonstra quão ajustado o modelo estatístico está aos dados, ou seja, expressa a quantidade de variância explicada pelo modelo linear. Desta forma, quanto maior o R^2, melhor o modelo se ajusta à amostra.

Figura 36. Aplicação de regressão linear nos valores de empurradores para obtenção de valor médio por potência



Fonte: elaborado pelo autor a partir de CDFMM (2020a)

Para validação dos dados faz-se necessário uma análise dos resíduos gerados pelo tratamento estatístico, neste caso foi utilizado o Teste de Shapiro-Wilk para normalidade, objetivando analisar se os dados da amostra seguem distribuição normal. Para avaliar o método, utiliza-se o P-valor.

Considerando-se as seguintes hipóteses:

H_0: A amostra provém de uma população normal

H_1: A amostra não provém de uma população normal

Adotando-se α = 5%, obtém-se utilizando o software R, um w = 0,9635 e, portanto, p-valor = 0,8342. Desta forma pode-se concluir que a amostra segue uma distribuição normal.

A Regressão Linear simples gera uma equação no formato

$$y = \alpha + \beta x$$

onde o valor de α e β são parâmetros da distribuição, x é a variável independente que busca explicar y, e y é a variável dependente a ser prevista. Desta forma foi gerada a seguinte equação:

$$y = 1738415{,}2 + 1927x$$

Com esta equação é possível calcular os valores de bhp (y), substituindo a quantidade de bhp no valor de x da equação. Para bhp determinados utilizando a referência recomendada pela Guarda Costeira dos EUA (USCG, 2018), foram obtidos os seguintes valores em USD para empurradores, conforme Tabela 9.

Tabela 9. Potência ideal de empurradores para cada tamanho de comboio e seus valores estimados, em USD

Quantidade de barcaças por comboio	fator de potência por barcaça carregada (bhp)	potência mínima requerida (bhp)	potência ideal do empurrador (bhp)	Valor em USD para empurrador de potência ideal
6	240	1.440	1.500	4.628.915,20
9	240	2.160	2.200	5.977.815,20
12	240	2.880	3.000	7.519.415,20
16	240	3.840	4.000	9.446.415,20
20	240	4.800	5.000	11.373.415,20

Fonte: elaborado pelo autor

Foi considerado desde os menores comboios de 6, até aos maiores de 20 barcaças, com opções de 9, 12 e 16 barcaças entre os menores e maiores comboios mais utilizados no transporte de grãos na Amazônia para determinar as potências requeridas por cada padrão de comboio.

Estes valores em USD, por empurrador e sua respectiva potência, permite trabalhar com um valor médio confiável, para apurar necessidades de investimentos e custos.

3.2 CUSTOS OPERACIONAIS FIXOS

A seguir, serão detalhados os principais custos operacionais fixos.

3.2.1 CUSTO COM PESSOAL

Os custos com pessoal representam aproximadamente 30% dos custos operacionais fixos. Conforme o tamanho do comboio, sua representatividade pode aumentar. Em entrevistas realizadas em 2020 com o Engenheiro Naval e consultor José Cláudio Braga da Silva (2020), conforme TCLE no Anexo A, e que atua na região Amazônica nas áreas de projetos e construção naval, além de prestar serviços de consultoria para diversas empresas de transporte hidroviário da região Norte que operam com todos os tipos de cargas, e com o consultor de empresas e especialista em logística do Arco Norte, Luiz Antônio Pagot (2020), conforme TCLE no Anexo B, foi elaborado a Tabela 10, demonstrando o quadro de pessoal operacional que trabalha nos comboios na região Amazônica.

Tabela 10. Demonstração do quadro de pessoal operacional por comboio com quantitativo e salários no transporte de granéis na Amazônia

Cargo	**Sal Base (R$)**	**Comboio de barcaças de soja**	
		Qtd	**Totais (R$)**
Capitão Fluvial	5.931,16	1	5.931,16
Piloto Fluvial	4.934,98	1	4.934,98
Contramestre Fluvial	4.197,42	1	4.197,42
Marinheiro de Convés	4.176,17	2	8.352,34
Chefe de Máquinas	4.058,83	1	4.058,83
Marinheiro de Máquinas	3.429,82	2	6.859,64
Cozinheiro	2.683,52	1	2.683,52
Total mês		9	37.017,89
Salários + Enc. c/adic. Noturno/Insalub.		112%	78.477,93
Salários/Encargos/Benef. por ano			**941.735,12**

Fonte: elaborado pelo autor a partir de Pagot (2020) e Silva (2020)

Para despesas vinculadas à tripulação, como alimentação, equipamentos de proteção individual (EPI), fardamento e despesas com hospedagem e transporte, foi considerado 10% sobre o valor total anual.

A tripulação deve ser dimensionada conforme tamanho do comboio e critérios definidos nas Normas da Autoridade Marítima (NORMAM) divulgadas pela Marinha. Normalmente, os empurradores atuais operam com lotação entre 9 e 13 tripulantes, em turnos de 6 horas de trabalho com 6 horas de descanso, passando até 40 dias embarcados e com 10 dias de folga.

Este estudo considera férias coletivas para o quadro de pessoal operacional durante a parada programada de 30 dias para manutenção nos ativos navais.

3.2.2 CUSTO COM SEGURO

Os custos com seguros utilizados nesta dissertação, serão de 1,5% sobre o valor dos ativos, independente se empurradores, ou barcaças. Esta taxa é usual em seguros de embarcações de transporte, sendo utilizado em diversos estudos, como de Rodrigues e Lemgruber (2008), avaliando custos de transporte utilizando comboios na Hidrovia Tietê-Paraná, e da UPFR/ITTI (2017), mais recente, avaliando os custos de comboios na Hidrovia Paraguai-Paraná.

3.2.3 CUSTO DE REPAROS E MANUTENÇÃO

Estudos realizados pela UFPR/ITTI em 2017 e divulgado pela ANTAQ em 2018, avaliando custos de transporte aquaviário utilizando comboios para transporte de cargas em granel na Hidrovia Paraguai-Paraná, concluiu que os custos de manutenção são de 4% ao ano sobre o valor dos ativos de empurradores, e de 2% ao ano sobre as barcaças (UFPR/ITTI, 2017).

Outro trabalho, desenvolvido pelo Rodrigues e Lemgruber (2008), não fez distinção entre barcaças e empurradores utilizados em comboio na Hidrovia Tetê-Paraná no transporte de cargas em granel, concluindo que os custos com manutenção totalizam 3,7% ao ano, corroborando com o estudo da UFPR/ITTI.

Dessa forma, nesta dissertação, será utilizado o percentual levantado no estudo da UFPR/ITTI, que permite apurar os custos de depreciação mais precisa, conforme a quantidade e tipo de ativos utilizados em um comboio.

3.2.4 OUTROS CUSTOS FIXOS

Outros custos fixos que podem ser atribuídos para a manutenção operacional dos ativos utilizados em um comboio, não são relevantes, pois a maior parte dos custos fixos é compreendido pelos gastos anteriormente citados: manutenção e reparos, custos associados ao pessoal, e custos associados ao seguro dos ativos.

Dentre os outros custos fixos, podem ser consideradas vistorias técnicas periódicas, como da Capitania dos Portos e de Sociedades Classificadoras, para acreditação da segurança e funcionamento adequado em atendimento à legislação. No trabalho desenvolvido pelo Rodrigues e Lemgruber (2008) avaliando estes custos na Hidrovia Tietê-Paraná, este custo foi de R$ 5.932,60. Atualizando este valor de dezembro de 2008 a junho de 2020 pelo índice de correção do IGP-M da Fundação Getúlio Vargas (FGV), temos um valor atualizado de R$ 11.412,31, correspondendo a 92,366% (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2020).

3.3 CUSTOS OPERACIONAIS VARIÁVEIS

A Comissão de valores Mobiliários (CVM), através do Pronunciamento Técnico CPC 16 (R1) (2009), elaborado pelo Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC), que orienta quanto à correta contabilização de acordo com critérios técnicos, define custos variáveis como “aqueles que variam diretamente, ou quase diretamente, com o volume de produção, tais como materiais indiretos”. Os custos operacionais variáveis, vinculado diretamente ao volume de produção, que no caso de transporte aquaviário de cargas com comboios, é o transporte das cargas de uma origem a um destino, são custos com combustíveis e lubrificantes, pois quando uma embarcação está parada, não incorre nesses custos, enquanto ao contrário, quando está empregada no transporte, irá consumir combustíveis e lubrificantes diretamente vinculados à velocidade e distância percorrida da carga transportada, que resultam na quantidade de horas necessárias para percorrer a viagem da origem até ao destino.

Um estudo do Banco Mundial (World Bank) sobre navegação interior na Hidrovia Paraguai-Paraná (WORLD BANK, 2010), concluiu que o consumo de combustível de motores a diesel apresenta variações dependendo de suas características técnicas, porém, na escala de motores de empurradores de comboios, é mínima. A média de consumo apresentada no estudo foi de 190 gramas por hp de potência do motor, por hora de trabalho. A premissa é de operar a 80% de sua potência enquanto navegando em condições normais. Com peso médio de óleo diesel de 86 gramas por litro do combustível, aplicando os valores do estudo, um motor de 1.000hp de potência, terá o seguinte consumo: 10 (hp) x 190 (grama/hora/hp) x 0,86 (grama/litro de diesel) x 80% (potência utilizada) = 1,3072l/h.

O mesmo estudo (WORLD BANK, 2010), também levantou que motores a diesel de empurradores tem um consumo de 3,5 a 4,0 grama/hora/hp de lubrificantes, com um custo de USD 3,00 por litro.

Uma vez determinada o destino, é possível calcular a quantidade de horas da viagem e apurar os custos variáveis com combustíveis e lubrificantes.

Na eventualidade de algum custo variável específico da operação além dos custos com combustíveis e lubrificantes, deverão ser identificadas e atribuídos a Outros Custos Operacionais Variáveis. Um exemplo seria uma negociação de seguro, cujo prêmio é calculado com base no tempo de utilização dos ativos, e, portanto, seria um custo variável. Outro exemplo de custo variável, seriam taxas portuárias específicas, dependendo do porto de origem ou destino, quando aplicável.

O combustível utilizado pelos empurradores na Amazônia, é o óleo diesel marítimo, padrão DMB. Seu preço é livre, com variações constantes, conforme mudanças dos preços de mercado. O preço em junho de 2020, em Ilhabela/SP, foi de R$ 3,743/l, conforme divulgado pelo Yacht Club de Ilhabela (2020). Em Manaus, segundo valores levantados pelo Engenheiro Naval José Cláudio Braga da Silva, estava sendo vendido por R$ 3,170/l em 24/07/2020. Neste trabalho, foi adotado o valor de R$ 3,50/l, apoiado no princípio contábil do conservadorismo.

3.4 CUSTOS ADMINISTRATIVOS

Mesmo tendo uma elevada concentração dos investimentos em ativos de estruturas navais com sua operação concentrada na manutenção e operação desses

ativos, uma empresa de navegação necessita de um domicílio fixo. Por meio deste, administra a empresa e se relaciona com os órgãos anuentes e intervenientes.

O tamanho da estrutura administrativa está relacionado com o tamanho da operação. Partes das atividades administrativas podem ser terceirizados, como Tecnologia da Informação, Contabilidade e Fiscal, Recursos Humanos e Financeiro, para citar algumas modalidades passiveis de terceirização. Esta escolha recai na estratégia e modelo de negócio escolhido para gerir os custos administrativos.

Em ambos casos, seja administração própria, ou terceirização, são incorridos custos atribuídos à administração da empresa e atendimento à legislação, que devem ser rateados de forma semelhante aos custos fixos operacionais, integrando os valores incorridos na composição dos custos de transporte.

3.4.1 CUSTOS COM PESSOAL E BENEFÍCIOS

Os gastos com recursos humanos na administração, dependem da estrutura que a organização utiliza para sua gestão administrativa. Na opção de terceirização de grande parte das atividades administrativas, os gastos com pessoal diminuem, mas em contrapartida, aumentam os gastos com contratos de terceirização de serviços.

No trabalho, foi escolhido o critério de contratação e gestão administrativa própria, limitando os gastos da gestão aos contratos de licenças de software, sistemas operacionais específicos e locação ou leasing de hardware.

Dessa forma, há necessidade de um quadro mais completo, conforme detalhado na Tabela 11. Foi considerado o percentual máximo permitido por instituições financeiras ao financiar projetos, que é de um acréscimo de 84% sobre o salário base, para considerar além dos custos do empregador, os benefícios pagos aos colaboradores. Incluso no acréscimo, estão as provisões referente a férias e pagamento de décimo terceiro salário.

Tabela 11. Tabela com cargos e salários mensais, em R$, para a administração de uma organização de transporte

Cargo	Salário Base
Gerente Geral	20.000,00
Secretária	2.715,00
Recepção	1.238,00

Tabela 11. Tabela com cargos e salários mensais, em R$, para a administração de uma organização de transporte (continuação da página anterior)

Cargo	Salário Base
Coord Planej	3.070,00
Analista Planej	2.715,00
Ger Admin-Financ	7.217,00
Aux Admin ctb	1.771,00
Aux Admin finan	1.771,00
Aux Admin rh	1.771,00
Tec Seg Trb	2.715,00
Coord TI	7.217,00
Serv Gerais	1.100,00
Total (mês)	**53.300,00**
Benefícios e Provisões	84%
Gastos com Pessoal Admin. (ano)	**1.176.864,00**

Fonte: elaborado pelo autor

Com base no quadro de recursos humanos, o custo anual é de R$ 1.176.864,00 para gastos com pessoal na administração.

3.4.2 CUSTOS COM UTILIDADES, TRANSPORTE E COMUNICAÇÃO

Com a premissa de localização do escritório em um núcleo urbano, gastos com transporte serão limitados. O maior gasto será com energia e comunicação, pois as instalações irão demandar consumo de energia, mas principalmente comunicação.

Além de gastos com internet e telefonia móvel, será necessária uma base de comunicação com os empurradores e sua tripulação, permitindo o monitoramento, troca de informações, possibilidade de auxílio em casos de emergência, além de ser uma exigência da Marinha do Brasil.

No trabalho, está sendo considerado um custo mensal de R$ 10.000,00 atribuídos para custos com utilidades, transporte e comunicação.

3.4.3 CUSTOS COM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

A Tecnologia da Informação (TI) é importante em qualquer organização, inclusive para uma empresa de transporte aquaviário de cargas. Além das necessidades convencionais, para gerir a administração, como contábil, fiscal, recursos humanos e suprimentos, é necessário um planejamento e controle da operação.

Há diversas opções disponíveis para terceirizar os controles e registros administrativos, porém, não é comum terceirizar o controle da operação. Dessa forma, a empresa mantém maior controle sobre quem pode acessar informações estratégicas de suas operações. Os sistemas operacionais de gestão da operação podem ser alugados através de licenças com pagamentos mensais ou adquiridas. Para o início da operação, é interessante adquirir uma licença com pagamentos mensais, que permite iniciar com requerimentos de uma estrutura menor, e ser ampliado na medida que a organização aumenta suas operações.

Considerando o pagamento de licenças para gerir a administração e outro para operação no escritório, foi considerado um valor inicial de R$ 25.000,00 por mês, referente às licenças e pagamento de leasing para aquisição de hardware.

3.4.4 CUSTOS COM ALUGUÉIS

Para este trabalho, foi utilizado a premissa que a organização não necessita ter instalações próprias, podendo alugar uma estrutura administrativa, desde que atenda à capacidade de pessoas e instalações necessárias para sua operação. Deverá estar na margem do rio, permitindo monitorar os ativos navais quando não estão em operação, mas desde que possa atracar com segurança quando as embarcações não estiverem em uso, não necessita estar na margem do rio. Em ambos casos, as despesas incorridas com aluguéis deverão prever a utilização de um escritório que também será a base da organização. Havendo quaisquer custos de aluguéis com atracação de embarcações, também deverão ser inclusos.

O valor foi majorado em R$ 35.000,00 por mês, dado que não é necessário ser um espaço grande, nem estar localizado em área comercial de alto valor. Desde que tenha acesso, segurança e toda infraestrutura necessária, sendo energia e comunicação essenciais, é possível gerir a organização, pois a operação é remota.

3.4.5 CUSTOS FISCAIS E TRIBUTÁRIOS

Há duas categorias de deduções dos resultados, dependendo do tipo de imposto, taxa ou contribuição, conforme legislação tributária. Uma tem o faturamento como base de cálculo, enquanto outra o lucro da organização, conforme detalhado a seguir.

3.4.5.1 CUSTOS FISCAIS E TRIBUTÁRIOS INCIDENTES SOBRE LUCRO

A primeira categoria de deduções incide sobre o lucro da organização. Geralmente é limitado ao Imposto de Renda Pessoa Jurídica (IRPJ) e à Contribuição Social sobre Lucro Líquido (CSLL). A alíquota combinada é de 34% nas empresas que apuram pelo sistema de Lucro Real, sendo 9% de CSSL e 25% de IRPJ. Ainda há possibilidade de utilizar o sistema de Lucro Presumido, onde como o nome sugere, é aplicado uma alíquota sobre a receita bruta da organização, presumindo seu lucro, independente de seus custos. No caso do Lucro Presumido, as alíquotas são menores, mas aplicadas sobre a receita bruta. Deve ser simulado qual das duas formas de apurar o IRPJ e CSSL é a melhor opção para a organização, e se não há impedimentos de utilizar uma forma em detrimento da outra, como sua receita bruta, ou setor que atua. A escolha da forma de apurar o lucro, também terá consequências sobre a apuração dos tributos federais Programas de Integração Social (PIS) e de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP), além da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS) (FREITAS, 2014; MEDICON, 2018).

O transporte aquaviário a granel favorece a apuração do IRPJ/CSSL pelo regime de Lucro Real, aplicando a alíquota combinada de 34%, pois permite deduzir os custos e despesas da Receita Bruta antes de sua apuração, que são elevados em função dos gastos com combustíveis e relacionados a um valor elevado de ativos.

3.4.5.2 CUSTOS FISCAIS E TRIBUTÁRIOS INCIDENTES SOBRE FATURAMENTO

A segunda categoria ocorre diretamente sobre o faturamento da organização, independentemente de apurar lucro. Geralmente inclui o Imposto sobre Circulação de

Mercadorias e Serviços (ICMS) ou Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISQN), além do PIS/PASEP e COFINS.

No caso do transporte aquaviário, a tributação é arrecadada ao Estado, e, portanto, é o ICMS, não sendo aplicado o ISQN. Também incide o Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante (AFRMM), sendo que sua alíquota para transporte de carga na navegação fluvial e lacustre de 40% somente se aplica ao transporte de granéis líquidos na região Norte e Nordeste (RECEITA FEDERAL DO BRASIL, 2017).

O ICMS, cuja competência é de cada estado, é de 17% no Estado do Pará para transporte de cargas dentro do Estado, e 12% para outros Estados (ESTADO DO PARÁ, 2019).

A alíquota do PIS/PASEP não cumulativo é de 1,65%, enquanto da COFINS é de 7,6% (BRASIL, 2002, 2003). Estes impostos têm sua alíquota reduzida a zero, quando tratar-se de exportações, mas o transporte fluvial entre uma ETC e o porto marítimo exportador é classificado como uma prestação de serviço que não é configurada como transporte internacional, conforme entendimento ratificado pelo STJ (JUSBRASIL, 2020).

Assim, temos duas possibilidades de tributação nas deduções de vendas, dependendo se a soja é transportada dentro do Estado do Pará pelo transporte aquaviário de Miritituba a Santarém e Barcarena, ou fora do Estado, de Miritituba a Itacoatiara, no Estado do Amazonas, e Santana, no Estado do Amapá. A Tabela 12 demonstra as deduções no faturamento de empresa de transporte aquaviário com sua origem do transporte de cargas no Estado do Pará.

Tabela 12. Detalhamento das deduções do faturamento no transporte aquaviário dentro do Estado do Pará e para fora do Estado do Pará em trecho doméstico

	Alíquota para Venda	
Dedução sobre Faturamento	**Dentro do Estado**	**Fora do Estado**
PIS/PASEP	1,65%	1,65%
COFINS	7,60%	7,60%
AFRMM	0%	0%
ICMS s/Faturamento	17%	12%

Fonte: Estado do Pará, Receita Federal do Brasil, Brasil (2002, 2003; 2019; 2015, 2017)

Na apuração da dedução de ICMS no faturamento, é permitido apurar a diferença entre crédito obtido na aquisição de insumos e deduzir o crédito do valor a ser recolhido ao Estado. No transporte aquaviário, a principal apuração de crédito fiscal do ICMS ocorre na aquisição de combustível, insumo ao processo de transporte.

3.5 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

As simulações de cenários para cada um dos quatro destinos a partir de Miritituba, e cinco tamanhos de comboios, resultou em 20 cenários.

As premissas utilizadas no cálculo de custos dos cenários podem ser observadas na Tabela 13.

Tabela 13. Principais premissas utilizados nos cálculos de custos de transporte de grãos em comboios de barcaças graneleiras na região Amazônica

Premissas para Cálculo de Custos	Valor Utilizado
Câmbio (R$ x USD)	5,30
Taxa Selic	2,15%
Taxa FMM	4,50%
Período Financiamento (anos)	20
Possibilidade de Financiamento FMM (participação)	90%
Depreciação em anos	20
Tempo total de carga de 1 barcaça (minutos)	45
Tempo total de descarga de 1 barcaça (minutos)	45
Tempo de montagem de comboio (na ida e volta) (h)	1
Tempo de limpeza de 1 barcaça (h)	1
Tempo de parada para manutenção annual (d)	30
Velocidade cheio (km/h)	10,00
Velocidade vazio (km/h)	11,90
Dias Disponíveis: Dias ano (-) DSR (-) 30dd férias (-) 13 dd feriados nacionais, estaduais e municipais	270
Capacidade de carga por barcaça (t)	2.000
Manutenção annual s/vlr. ativo Empurrador	4,00%
Manutenção annual s/vlr. ativo Barcaça	2,00%
Seguros (s/casco)	1,50%
Potência Empurrador (bhp p/barcaça)	240,00

Tabela 13. Principais premissas utilizados nos cálculos de custos de transporte de grãos em comboios de barcaças graneleiras na região Amazônica (continuação da página anterior)

Premissas para Cálculo de Custos	Valor Utilizado
Consumo Diesel Marítimo - l/h (para cada bhp)	0,1307
Custo Diesel Marítimo - R$/l	3,50
Consumo Óleo/Lubrificantes (grama por hora por bhp)	4
Custo Óleo/Lubrificantes (USD/l)	3,00
Óleo Lubrificantes: fator de conversão kg x litros	1,1134
Dividendos s/LL	25%
Método de Apuração dos Resultados	Lucro Real

(2014), Medicon (2018), Ministério da Infraestrutura (2016; 2020a), Pagot (2020), Receita Federal do Brasil (2017), Rodrigues e Lemgruber (2008), Silva (2020), UFPR/ITTI (2017), USCG (2018), World Bank (2010), Yacht Club de Ilhabela (2020)

Os valores de referência das premissas foram obtidos por meio de entrevista com o Engenheiro Naval José Cláudio Braga da Silva, trabalhos acadêmicos e relatórios institucionais. Para atualização de valores de pesquisas e relatórios mais antigos, foi utilizada a variação cambial no período da pesquisa até o câmbio atual, permitindo obter resultados na moeda e data corrente: o Real, tendo o mês de julho de 2020 como base.

3.5.1 DEMONSTRAÇÃO DO MODELO

Os custos levantados na coleta de dados para a simulação de cenários foram organizados com base na estrutura de custos demonstrada na Figura 32, considerando o período de um ano.

A Figura 34 demonstra o fluxograma da apuração dos custos, adotando quatro fases sequenciais que resultam nos produtos finais e permitem a análise das possibilidades para cada cenário simulado. O fluxo demonstrado relaciona os Quadros apresentados a seguir, onde serão demonstrados os detalhes da apuração de custos deste trabalho.

A primeira fase consiste no levantamento de todos os dados necessários para apuração dos custos, detalhados nos Quadros 9, 10 e 11.

O Quadro 9 contém o detalhamento dos custos relacionados a recursos humanos, conforme a seguir.

Quadro 9. Quadro dos custos relacionados a recursos humanos

Suporte - Quadro de Recursos Humanos			
Quadro/Pessoal Admin		**Quadro/Pessoal Operacional**	
Cargo	**Sal Base (R$)**	**Cargo**	**Sal Base (R$)**
Gerente Geral	20.000,00	Capitão Flucial	5.931,16
Secretária	2.715,00	Piloto Fluvial	4.934,98
Recepção	1.238,00	Contramestre Fluvial	4.197,42
Coord Planej	3.070,00	Marinheiro de Convés	4.176,17
Analista Planej	2.715,00	Marinheiro de Convés	4.176,17
Ger Admin-Financ	7.217,00	Chefe de Máquinas	4.058,83
Aux Admin Ctb.	1.771,00	Marinheiro de Máquinas	3.429,82
Aux Admin Finan.	1.771,00	Marinheiro de Máquinas	3.429,82
Aux Admin RH	1.771,00	Cozinheiro	2.683,52
Tec Seg Trb.	2.715,00		
Coord TI	7.217,00	***Gastos c/tripulação/ano (%***	10%
Serv Gerais	1.100,00		
total mês	53.300,00	total mês	37.017,89
Adicional de benefício	84%	Adicional de benefícios	112%
total mês c/benefícios	98.072,00	total mês c/benefícios	78.477,93
Total ano c/benefícios	1.176.864,00	Total ano c/benefícios	941.735,12

Fonte: elaborado pelo autor

Em seguida, foram levantadas as entradas dos quatro grupos de custos da Figura 34: Custo do Capital, Custos Operacionais Fixos, Custos Operacionais Variáveis e Custos Administrativos. Conforme os parâmetros dos cenários são alterados, os dados devem ser ajustados para refletir as especificidades de cada cenário, como a quantidade de barcaças, a distância de viagem, e a potência e os respectivos investimentos em ativos.

Nos Quadros 10 e 11, são demonstradas as entradas dos custos específicos referentes ao uso de 12 barcaças graneleiras tendo Itacoatiara como porto exportador destino. Segue a seguir, as entradas dos custos de capital e custos operacionais fixos no Quadro 10.

Quadro 10. Quadro das entradas dos custos de capital e custos operacionais fixos

Custo do Capital		Custos Operacionais Fixos	
Qtd. Barcaças	12	Tempo tot. de carga de 1 barcaça (minutos)	45
Potência empurrador	3.000	Tempo tot. de descarga de 1 barcaça (minutos)	45
Câmbio (R$ x USD)	5,30	Tempo de montagem de comboio (na ida e volta) (h)	1
Ativo - Barcaça USD	1.050.941,42	Tempo de limpeza de 1 barcaça (h)	1
Ativo - Empurrador USD	7.519.415,20	Tempo de parada para manutenção annual (d)	30
Taxa Selic	2,15%	Velocidade comboio carregado (km/h)	10,0
Taxa FMM	4,50%	velocidade comboio sem carga (km/h)	11,9
Período Financ. (anos)	20	Distância viagem (km)	852
Financiamento FMM (participação)	90%	Dias úteis produtivos por ano	270
		Capacidade de carga por barcaça (t)	2.000
Depreciação em anos	20	Manutenção anual s/vlr. ativo Empurrador	4,00%
		Manutenção anual s/vlr. Ativo Barcaça	2,00%
		Seguros (s/casco)	1,50%
		Custos c/Vistorias, Capitania, etc	11.412,31

Fonte: elaborado pelo autor

O Quadro 11 demonstra as entradas dos custos operacionais variáveis e custos administrativos levantados na coleta de dados.

Quadro 11. Quadro das entradas dos custos operacionais variáveis e custos administrativos

Custos Operacionais Variáveis		Custos Administrativos	
bhp por barcaça (bhp)	240	Aluguel mensal (R$)	35.000,00
Consumo diesel - l/h para cada hp (l/h)	0,1307	TI mensal (R$)	25.000,00
Custo diesel (R$/l)	3,50	Pessoal - ano (R$)	1.176.864,00
consumo óleo (grama por hora por hp)	4	Utilities - mensal (R$)	10.000,00
Custo lubrificantes (USD/l)	3	Dividendos s/lucro (%)	25%
Óleo Lubrificante (l)	1,1134	Markup s/Custos	123,7%
Taxa conversão - galão EUA x kg	3,7854	Operacionais Diretos (%)	

Quadro 11. Quadro das entradas dos custos operacionais variáveis e custos administrativos (continuação da página anterior)

Custos Operacionais Variáveis		Custos Administrativos	
Taxa conversão - galão EUA x litro	3,4000		
		Fiscal & tributário	
		Deduções Vendas	
		PIS/PASEP (%)	1,65%
		COFINS (%)	7,60%
		FMM (%)	0%
		ICMS (PA) - transporte - PA (%)	17%
		ICMS (PA) - transporte - Interestadual (%)	12%
		Deduções Lucro	
		ICMS (PA) - combust. (%)	17%
		CSSL (%)	9%
		IRPJ (%)	25%

Fonte: elaborado pelo autor

Com a determinação das entradas dos custos necessários para simular os cenários, são realizados os cálculos da segunda fase, referente aos cálculos intermediários, apresentados nos Quadros 12 e 13, também, considerando os custos específicos referentes ao uso de 12 barcaças graneleiras tendo Itacoatiara como porto exportador destino. Estes cálculos foram realizados em planilha eletrônica, e não requerem programa específico.

Quadro 12. Quadro dos cálculos intermediários dos custos de capital e custos operacionais fixos

Custo do Capital		Custos Operacionais Fixos	
Ativos (R$)	106.692.774,87	Tempo total de carga origem (h)	9,00
		tempo total de descarga destino (h)	9,00
Capital Terceiros (90%)	96.023.497,38	tempo total de montagem de comboio (h)	12,00
Capital Próprio (10%)	10.669.277,49	tempo lipeza barcaça (h)	12,00
		tempo 1 viagem cheia O-D (h)	85,20
		tempo 1 viagem vazia retorno D-O (h)	71,60
		Total 1 viagem ida e volta - ocupação ativos (dias)	8,28
		quantidade máxima de viagens ano (qtd viagens)	32,60
		total máximo de carga transportada/ano (t)	782.306,99
		Capacidade de 1 comboio	24.000,00

Fonte: elaborado pelo autor

Quadro 13. Quadro dos cálculos intermediários dos custos operacionais variáveis e custos administrativos

Custos Operacionais Variáveis		Custos Administrativos	
Total horas ano empurrador trabalhando	5.110,96	Aluguel (R$)	420.000,00
Consumo diesel (l)	2.004.315,16	TI (R$)	300.000,00
Consumo diesel (R$)	7.015.103,06	Pessoal (R$)	1.176.864,00
Consumo Lubrificantes (l)	68.283,88	Utilitdades (R$)	120.000,00
Consumo Lubrificantes (R$)	1.085.713,66	Fiscal & tributário (R$)	6.485.205,21
		Dividendos (R$)	659.830,11

Fonte: elaborado pelo autor

A partir da obtenção dos cálculos intermediários apresentados nos Quadros 12 e 13, é iniciada a terceira fase, quando são realizados os cálculos finais, que também foram executados em planilha eletrônica, e não requerem programa específico. Nesta fase, foram calculados os custos totais de transporte fluvial de soja em um ano, considerando a utilização de 100% da capacidade de transporte das premissas deste trabalho, com os resultados finais demonstrados no Quadro 14.

Quadro 14. Quadro do resultado dos cálculos de custos anuais do transporte fluvial de soja

Custo do Capital		Custos Operacionais Fixos		Custos Operacionais Variáveis		Custos Administrativos	
	R$		R$		R$		R$
Custo Capital Próprio	229.389,47	Manutenção	2.930.913,51	Combustíveis	7.015.103,06	Aluguel	420.000,00
Custo Capital Terceiros	216.052,87	Gastos c/Tripulação	94.173,51	Óleos Lubrificantes	1.085.713,66	TI	300.000,00
Depreciação	5.334.638,74	Pessoal Operacional	941.735,12			Pessoal	1.176.864,00
		Seguros	1.600.391,62			Utilidades	120.000,00
		Outros	11.412,31			Fiscal & tributário s/venda	5.125.555,28
						Fiscal & tributário s/resultado exercicio	1.359.649,93
						Dividendos	659.830,11
Total (R$)	5.780.081,08	Total (R$)	5.578.626,08	Total (R$)	8.100.816,71	Total (R$)	9.161.899,32
Total (R$/t)	7,39	Total (R$/t)	7,13	Total (R$/t)	10,36	Total (R$/t)	11,71
Total (R$/t/km)	0,0087	Total (R$/t/km)	0,0084	Total (R$/t/km)	0,0122	Total (R$/t/km)	0,0137

Fonte: elaborado pelo autor

O cálculo de custos acima descrito, foi realizado para cada cenário, permitindo gerar os resultados que são demonstradas na quarta e última fase do fluxo de

apuração dos custos. Nesta fase, podem ser elaborados diversas demonstrações operacionais, econômicas e financeiras para representar os diversos cenários simulados.

Para as discussões deste trabalho, foram elaboradas a Tabela 14, com os principais resultados das 20 simulações, permitindo selecionar o resultado que melhor representou o retorno financeiro sobre o capital próprio investido, e para este cenário. Com a seleção do cenário, foi elaborado uma Demonstração de Resultados do Exercício (DRE) e os detalhamentos econômicos, financeiros e fiscais, apresentadas na Tabela 15. Também foi possível elaborar a demonstração da estrutura simplificada dos custos do mesmo cenário, apresentado na Figura 37.

Com os resultados obtidos nas quatro fases do fluxo de apuração dos custos da Figura 34, é possível avaliar as diversas opções de combinações de ativos e rotas, e os impactos das variáveis nos custos e resultados.

3.5.2 SIMULAÇÃO DOS CENÁRIOS

Com base no modelo desenvolvido e detalhado na seção anterior, foram simulados cenários com combinações das principais variáveis que se relacionam diretamente com a operação de transporte de soja utilizando barcaças graneleiras a partir de Miritituba aos portos fluviais exportadores de soja no Arco Norte.

As variáveis alteradas para gerar cada cenário foram a quantidade de barcaças utilizadas no comboio e a potência do empurrador necessário para o conjunto de barcaças, de acordo com a potência ideal demonstrada na Tabela 9. O resultado é demonstrado em cinco combinações distintas, simuladas para cada uma das quatro rotas de escoamento, a partir de Miritituba: os portos fluviais exportadores de soja de Santarém, Itacoatiara, Santana e Barcarena, resultando em 20 cenários.

Em seguida, na Tabela 14, é possível observar os resultados com os principais resultados para um ano de operação de cada uma das 20 simulações, considerando a utilização de um comboio com utilização de 100% de sua capacidade. A tabela permite identificar o potencial máximo de transporte de soja, custos por viagem, a necessidade de investimento de capital próprio em ativos navais, o resultado do exercício, e o percentual de retorno sobre o capital próprio investido em ativos navais.

Tabela 14. Resultado das simulações dos principais cenários de transporte de soja em comboios de barcaças graneleiras

Barcaças 2.000 t (qtd)	**6**	**9**	**12**	**16**	**20**
Potência Empurrador (bhp)	**1.500**	**2.200**	**3.000**	**4.000**	**5.000**
Cenário	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***
Destino	**Santarém**				
Capacidade de transporte (t/ano)	1.072.117	1.404.803	1.662.792	1.928.403	2.132.817
Custo Total viagem (R$/t)	14,98	14,56	14,98	15,56	16,28
Custo Total (R$/t/km)	0,0535	0,0520	0,0535	0,0556	0,0581
Necessidade de Capital Próprio p/ativos navais	5.795.318,77	8.181.232,63	10.669.277,49	13.918.583,30	17.167.889,11
Resultado do Exercício	75.175,40	166.251,49	231.073,99	158.005,64	429,27
Retorno s/Capital Próprio	1,3%	2,0%	2,2%	1,1%	0,0%
Cenário	***6***	***7***	***8***	***9***	***10***
Destino	**Itacoatiara**				
Capacidade de transporte (t/ano)	437.354	619.448	782.307	974.451	1.142.874
Custo Total viagem (R$/t)	39,39	36,78	36,59	36,45	36,74
Custo Total (R$/t/km)	0,0462	0,0432	0,0429	0,0428	0,0431
Necessidade de Capital Próprio p/ativos navais	5.795.318,77	8.181.232,63	10.669.277,49	13.918.583,30	17.167.889,11
Resultado do Exercício	880.603,63	1.413.345,73	1.979.490,33	2.531.457,16	2.970.144,02
Retorno s/Capital Próprio	15,2%	17,3%	18,6%	18,2%	17,3%
Cenário	***11***	***12***	***13***	***14***	***15***
Destino	**Santana**				
Capacidade de transporte (t/ano)	447.545	633.060	798.571	993.351	1.163.647
Custo Total viagem (R$/t)	38,44	35,91	35,74	35,63	35,93
Custo Total (R$/t/km)	0,0463	0,0433	0,0431	0,0429	0,0433
Necessidade de Capital Próprio p/ativos navais	5.795.318,77	8.181.232,63	10.669.277,49	13.918.583,30	17.167.889,11
Resultado do Exercício	874.085,56	1.400.577,23	1.958.686,63	2.499.223,25	2.925.857,69
Retorno s/Capital Próprio	15,1%	17,1%	18,4%	18,0%	17,0%
Cenário	***16***	***17***	***18***	***19***	***20***
Destino	**Barcarena**				
Capacidade de transporte (t/ano)	333.198	478.278	611.381	772.651	917.929
Custo Total viagem (R$/t)	53,84	49,99	49,47	48,96	49,03
Custo Total (R$/t/km)	0,0467	0,0433	0,0429	0,0424	0,0425
Necessidade de Capital Próprio p/ativos navais	5.795.318,77	8.181.232,63	10.669.277,49	13.918.583,30	17.167.889,11
Resultado do Exercício	491.026,04	931.018,74	1.414.505,67	1.892.504,21	2.279.488,67
Retorno s/Capital Próprio	8,5%	11,4%	13,3%	13,6%	13,3%

Fonte: elaborado pelo autor

A partir do cenário com o melhor resultado, foi elaborada um Demonstrativo dos Resultados do Exercício (DRE) utilizando o regime fiscal de Lucro Real para o cálculo da tributação pelas alíquotas atualmente vigentes, conforme detalhado nas seções 3.4.5.1 e 3.4.5.2, e uma representação dos custos simplificados demonstrando os custos em R$/tonelada.

A formação do preço utilizou o método de *mark-up*, que consiste na formação do preço aplicando um percentual sobre o custo operacional direto, para assegurar que a receita supere todas as deduções e resulte em um resultado contábil favorável. Foi utilizado como referência 123,7%, que é o percentual de *mark-up* que retorna um resultado de retorno sobre capital próprio investido em ativos navais de 0% no pior cenário, para trabalhar com um resultado conservador. Dessa forma, todos os cenários simulados resultam em uma remuneração do capital próprio igual ou maior que 0%.

Cada cenário simulado permitiu avaliar detalhadamente a estrutura dos custos, permitindo identificar e promover análises da capacidade operacional, financeira, fiscal e tributária, bem como pagamentos de Juros sobre Capital Próprio (JCP) e dividendos, quando há deliberação por parte do Conselho de Administração da organização de distribuir uma parcela do lucro líquido aos investidores.

O modelo também permite simular eventos hipotéticos, como o impacto de uma redução do custo de combustíveis, ou de um aumento dos custos de mão de obra, permitindo a direção prever os impactos de uma mudança em um ou mais variáveis no modelo.

Como exemplo de um DRE obtido através das simulações de cenários, a Tabela 15 apresenta os resultados para o cenário de maior retorno sobre o investimento de capital próprio em ativos navais, o Cenário 8, utilizando 12 barcaças graneleiras para transporte de soja entre Mirituba e Itacoatiara. Este cenário é o Cenário Base para comparações.

Mesmo sendo o cenário de maior retorno sobre o capital próprio em ativos navais dos 20 cenários simulados, o DRE da Tabela 15 demonstra que não há muito espaço para erros na operação, pois uma variação na tributação, nos custos diretos da operação, ou no valor de aquisição dos ativos, poderá impactar de forma relevante os resultados.

Tabela 15. DRE da simulação do Cenário 8, utilizando comboio de 12 barcaças no transporte de soja entre Miritituba e Itacoatiara

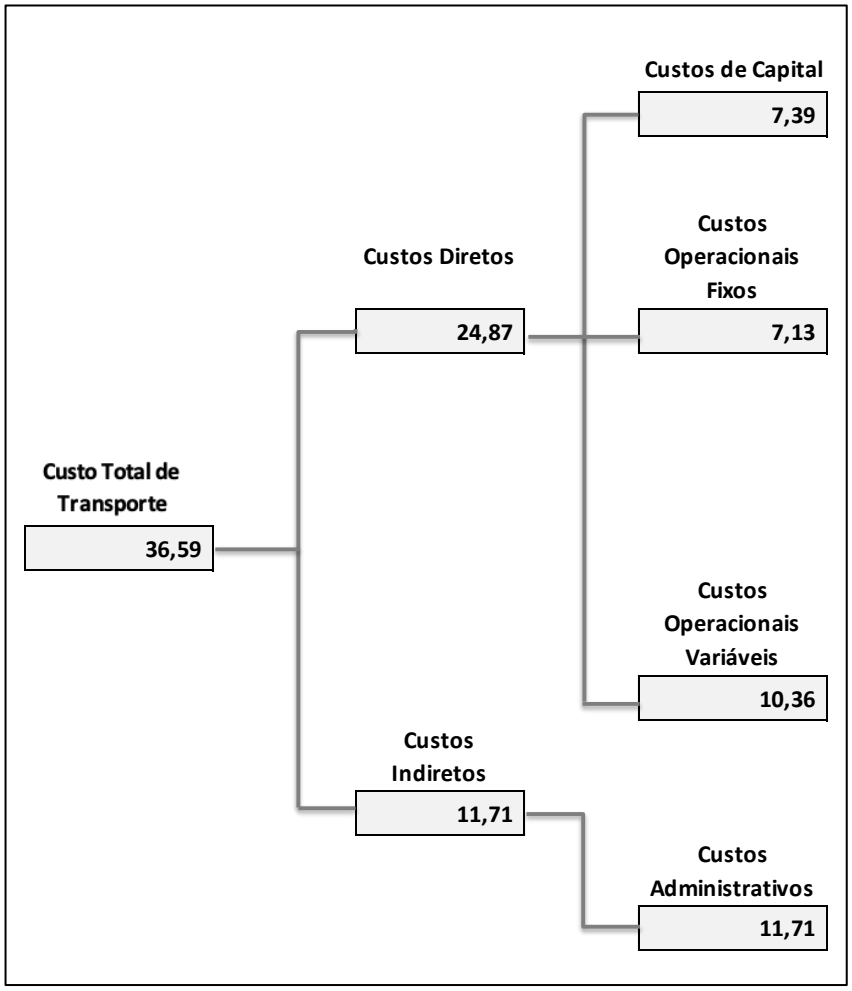
DRE		R$ total	R$/t	%
Receita Bruta		**30.600.913,52**	**39,12**	**100,0%**
(-) impostos s/venda		5.125.555,28	6,55	16,7%
(-) PIS/PASEP & COFINS	2.830.584,50			
(-) ICMS venda	3.672.109,62			
(+) ICMS crédito insumos	- 1.377.138,84			
(-) AFRMM	-			
Receita Líquida		**25.475.358,23**	**32,56**	**83,3%**
(-) CMV		13.679.442,79	17,49	44,7%
Lucro Bruto		**11.795.915,45**	**15,08**	**38,5%**
(-) S&GA		2.016.864,00	2,58	6,6%
(-) Depreciação		5.334.638,74	6,82	17,4%
(-) Desp Financ		216.052,87	0,28	0,7%
(-) JCP		229.389,47	0,29	0,7%
Resultado antes do IR/CSLL		**3.998.970,37**	**5,11**	13,1%
(-) Provisão para IR/SCLL		1.359.649,93	1,74	4,4%
Lucro Líquido		**2.639.320,44**	**3,37**	10,4%
(-) Dividendos		659.830,11	0,84	2,2%
Resultado do Exercício		**1.979.490,33**	**2,53**	6,5%

Fonte: elaborado pelo autor

O mesmo DRE, pode ser representado por meio da Figura 37, demonstrando de forma simplificada a mesma estrutura de custos da Figura 32, onde foi detalhado a estrutura de composição de custos, permitindo visualizar de forma genérica os custos simulados no Cenário 8.

O resultado do custo total de transporte inclui todas as deduções e custos, excetuando o resultado final do exercício.

Figura 37. Representação dos custos simplificados em R$ por tonelada transportada entre Mirituba e Itacoatiara com comboio de 12 barcaças



Fonte: elaborado pelo autor

O Cenário Base, que ofereceu o maior retorno sobre o capital próprio investido em ativos navais, resultou na escolha da melhor rota, entre Mirituba e Itacoatiara, e melhor tamanho de comboio, com 12 barcaças. Para esta configuração, foi realizado estudo de seu ponto de equilíbrio econômico, alterando a variável de volume de soja transportada, para obter os limites inferiores e superiores que garantem a retorno ao negócio. Dado que há um limite máximo de soja que um comboio pode transportar, a capacidade máxima será o limite superior.

A análise de ponto de equilíbrio econômico, permite identificar a relação entre os custos totais (custos fixos e variáveis), a produção, que neste caso é o volume transportado, e a receita. Ao identificar o ponto em qual o total das receitas superam o total dos custos, permite identificar o volume mínimo de soja que precisa ser

transportado, para a operação ter capacidade financeira suficiente para cobrir a estrutura de custos com o preço adotado.

O ponto de equilíbrio econômico, segundo Martins (2003), representa o ponto em qual as receitas totais equalizarem seus custos e despesas totais, e conseguir remunerar o capital próprio. O cálculo do ponto de equilíbrio econômico é utilizando a seguinte fórmula:

PE = CF / (PVu - CVu)

onde PE = Ponto de Equilíbrio
CF = Custos Fixos totais
PVu = Preço de Venda unitário
CVu = Custo Variável unitário

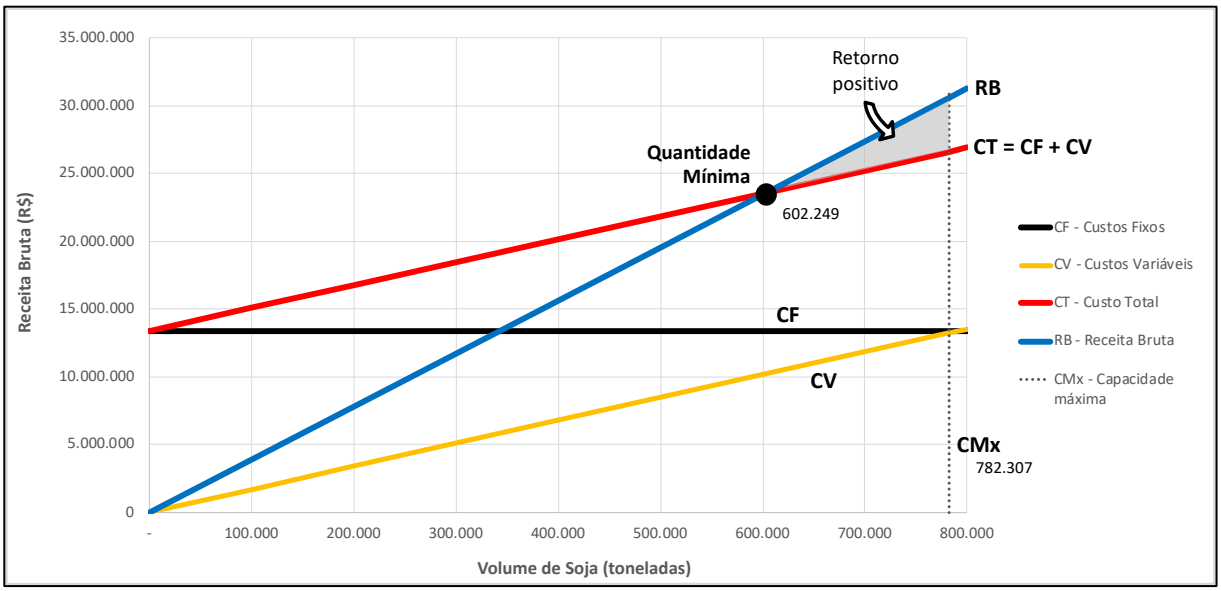
Para elaborar um gráfico demonstrando o ponto de equilíbrio, devem ser utilizados os valores totais de

RB = Receita Bruta, obtido multiplicando o preço pelo volume
CV = Custos Variáveis, somando todos os custos e despesas variáveis
CF = Custos Fixos, somando todos os custos e despesas fixas
CT = Custos Totais, resultado de CV + CF
CMx = Capacidade Máxima de transporte ou produção

No caso do ponto de equilíbrio econômico, os custos devem incluir a remuneração do capital próprio.

A análise também permite identificar o volume mínimo necessário para cobrir os custos fixos, ou quantos recursos financeiros a empresa necessita para manter sua estrutura, se não estiver operando. Todas as análises oferecem uma riqueza de respostas aos gestores, e permitem tomadas de decisões estratégicas, como negociações de contratos de transporte, envolvendo variáveis como preço e volume. A Figura 38 demonstra a Análise do Cenário Base, identificando que com um comboio de 12 barcaças tendo Itacoatiara como destino, necessita transportar no mínimo 602.249 toneladas por ano, para não apurar resultado negativo. Este volume equivale à ocupação de 77% da capacidade total do comboio em um ano.

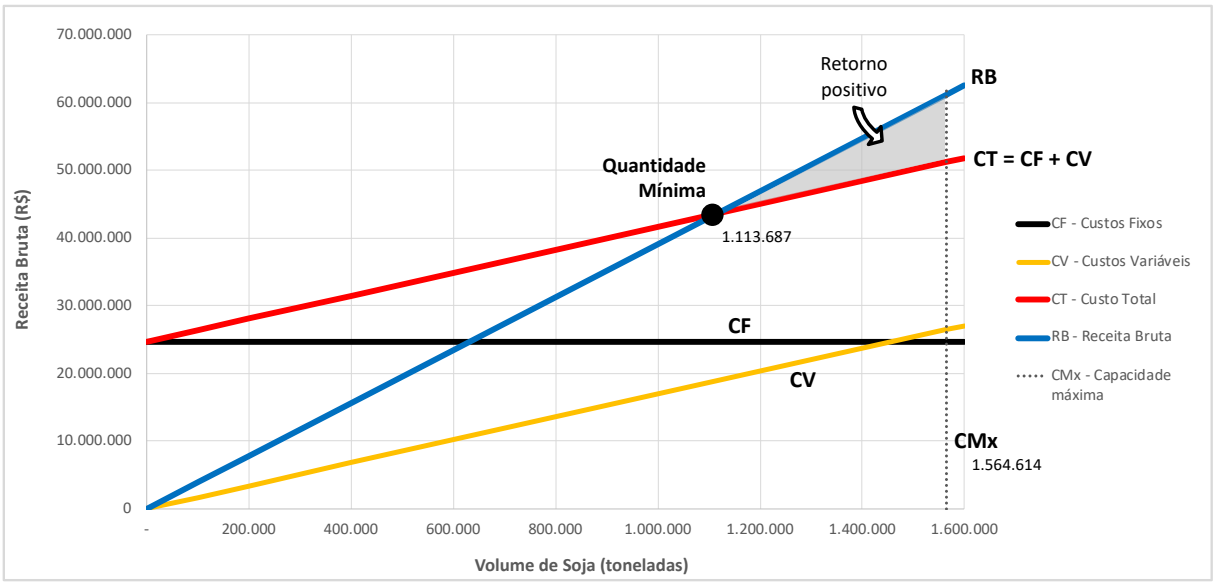
Figura 38. Demonstrativo da relação entre custos e volumes do Cenário Base



Fonte: elaborado pelo autor

A Figura 39 demonstra os mesmos resultados do Cenário Base, simulando a utilização de dois comboios, e como o maior investimento potencializa os resultados.

Figura 39. Demonstrativo da relação entre custos e volumes com utilização de dois comboios do Cenário Base



Fonte: elaborado pelo autor

A simulação do Cenário Base com dois comboios, que requer dobrar os investimentos, demonstra haver vantagens a serem obtidos, pois a parcela dos custos

fixos relacionados à administração e gestão não aumenta. Como resultado, é necessário ocupar apenas 71% da capacidade total dos dois comboios em um ano, representando 1.113.687 toneladas.

A Tabela 16 demonstra o impacto no resultado financeiro, comparando a ocupação máxima de um comboio composto por 12 barcaças do Cenário Base, comparado a dois comboios, demonstrado nas Figuras 38 e 39.

Tabela 16. Comparativo de investimentos, volumes e resultados do Cenário Base simulado com um e dois comboios

Qtd. de Comboios		Investimento em Ativos navais em R$		Vol. máximo em toneladas		Resultado do Exercício (RE) c/capac. máxima em R$		RE em R$/t	
1		106.692.774,87		782.307		1.979.490,33		2,53	
2	100%	213.385.549,74	100%	1.564.614	100%	4.957.328,34	150%	3,17	25%

Fonte: elaborado pelo autor

Pode ser observado, que ao dobrar as necessidades de investimentos em ativos navais, o potencial do valor total dos resultados financeiros aumenta em 150%, e considerando o resultado do exercício em R$/t transportado, há aumento de 25%.

A ANTAQ informa no seu Anuário Estatístico de 2019 (ANTAQ, 2019b), que 10.343.273 toneladas de soja e milho foram escoadas pelas ETC de Miritituba em 2019. Portanto, no Cenário Base, apenas 5,8% do volume de grãos escoados a partir de Miritituba são suficientes para que as receitas cobrem os custos totais de um comboio em um ano. Conseguindo transportar 7,6% do volume no Cenário Base, maximiza os resultados, enquanto se a empresa conseguir contratar 15,1% do volume de 2019, potencializa ao máximo os resultados utilizando dois comboios em um ano, como demonstrado na Figura 39.

É, portanto, um fator importante, assegurar o maior volume de carga possível, para potencializar os resultados. Os volumes transportados em 2019 indicam ser plenamente viável, dado que o escoamento de soja e milho pelo Arco Norte é crescente, e Miritituba concentrava 59,6% do escoamento das exportações de soja e milho pelos portos de longo curso na Amazônia em 2019.

É uma característica frequente em organizações que necessitam de elevados investimentos em ativos, necessitar de volumes de produção elevados para alcançar

resultados positivos, como pode ser observado no transporte de grãos em ativos navais. O reflexo pode ser observado nos custos fixos, que são de R$ 13.375.571,15 no Cenário Base. Para alcançar a receita bruta necessária para igualar os custos fixos, será necessário assegurar o transporte de 341.944 toneladas de soja ao ano, ou seja, 43,7% da capacidade disponível.

3.6 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

A validação dos resultados foi realizada por meio de diversos meios, incluindo a validação dos dados utilizados nas simulações, entrevistas, e os próprios gráficos dos resultados.

Por tratar-se de um modelo matemático com entrada de dados, a validação de muitos dos dados obtidos, foi pela publicidade e confiabilidade da fonte. Como exemplo, os dados obtidos através dos portais do Ministério da Infraestrutura (2016; 2020a) e da Receita Federal do Brasil (2017), onde são divulgadas as taxas de juros (taxa SELIC), e as taxas, período e participação do FMM nos financiamentos de ativos navais. O câmbio também é divulgado em portal de instituição oficial, sendo do Banco Central do Brasil (2020).

Outros dados utilizados nas simulações, foram obtidos através de relatórios e artigos estudando variáveis de custos no transporte aquaviário. Um exemplo, foi a utilização dos trabalhos de Rodrigues e Lemgruber (2008), UFPR/ITTI (2017), USCG (2018), World Bank (2010), onde foram obtidos velocidades de comboios cheios e vazios, e taxas de manutenção sobre os ativos navais específicas para empurradores e barcaças, bem como as taxas de seguros sobre os cascos das embarcações. Taxas referente ao consumo de combustíveis e óleos lubrificantes também foram obtidos dos estudos citados.

Pela ausência de legislação específica quanto à potência requerida para os diversos tipos de comboios, com a potência mínima para manobrar e navegar com comboios em todas as condições de navegação, como cheia, vazante, correntezas e ventos, foi utilizado a referência das normas e orientações da Guarda Costeira dos EUA (USCG, 2018). A USCG é responsável pela segurança e ordenamento da hidrovia do Rio Mississippi, nos EUA, onde o transporte de diversas cargas, incluindo

soja e milho em grão, é muito comum e um modal de transporte com décadas de operação e bem desenvolvido.

Os dados utilizados, bem como tempos médios de carga de barcaças, descarga de barcaças, paradas para manutenções preventivas, e as tripulações e seus respectivos salários, foram obtidos e validados pelos especialistas em navegação fluvial, logística e transporte aquaviário na região do Arco Norte, Pagot (2020) e Silva (2020). Eles também avaliaram os tipos de comboios e empurradores, considerando as cargas e hidrovias e suas respectivas condições de navegabilidade.

Os gráficos e figuras com os resultados também foram um meio de validar os resultados, indicando os custos diretos e indiretos, fixos e variáveis, e resultados das diversas simulações, e cujos resultados apresentaram números que os especialistas Pagot (2020) e Silva (2020) consideraram coerentes e condizentes com o cenário real no transporte de grãos utilizando comboios de barcaças graneleiras nas hidrovias do Arco Norte.

As simulações também tiveram limitações, devido às diversas variáveis que podem influenciar o resultado, mas não foram consideradas, como o custo do capital, custos com pessoal, compartilhamento da gestão ou até de infraestrutura portuária.

O custo do capital é diretamente afetado pelas taxas de juros. O estudo se limitou a simular cenários com as taxas vigentes na data do estudo, mas qualquer alteração nas taxas, seja para maior, ou menor, terá influência no resultado.

Outra limitação do estudo, foi o quadro de pessoal administrativo, que foi considerado fixo, e totalmente próprio. Não foram simulados possíveis ganhos com terceirização, ou compartilhamentos na gestão. Há serviços que podem ser terceirizados a empresas especializadas, reduzindo os custos com o quadro administrativo fixo, bem como compartilhamento da gestão. O compartilhamento da gestão é mais frequente, quando a empresa pertence a um grupo econômico com diversas atividades, e há ganhos financeiros ao compartilhar a gestão. Tanto a redução de quadro de pessoal do administrativo, quanto a gestão compartilhada, trazem reduções em outras necessidades, como espaço físico, e gastos com utilidades e pessoal.

Por fim, uma limitação do estudo, foi não considerar potenciais reduções de custos, ao compartilhar infraestrutura com terceiros, como portuária ou até administrativa.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos na simulação dos diversos cenários que se apresentam para transporte de soja na Amazônia, utilizando comboios de barcaças graneleiras, indicam que alguns resultados são bem mais favorecidos que outros, utilizando o mesmo ativo naval.

Análises mais detalhadas nos resultados, apresentam uma combinação de fatores como relevantes, sendo o principal a combinação ideal entre o tamanho do comboio e seu destino. Como pode ser observado na

Tabela *14*, os menores e maiores comboios não apresentam os melhores resultados. Comboios entre 9 e 16 barcaças obtém os melhores resultados com todos os destinos. Ao utilizar um comboio maior, existe a possibilidade de transportar uma quantidade maior de soja, além de aumentar a receita da organização. Mas também requer um aumento nos investimentos, ocasionando aumentos nos custos variáveis com combustíveis e lubrificantes. A situação inversa, de um comboio pequeno, resulta em baixa capacidade de transporte de soja, e, portanto, reduz a capacidade de diluir os custos, explicando o motivo dos menores e maiores comboios não apresentarem a mesma competitividade nos custos quanto os comboios de tamanhos intermediários.

Porém, quando comparando os destinos para o mesmo tamanho de comboio, é nítido a vantagem de transportar soja de Miritituba para Itacoatiara e Santana, comparado aos destinos de Santarém e Barcarena. Neste caso, a tributação estadual sobre a receita da empresa, através do ICMS, penaliza os destinos Paraenses de Santarém e Barcarena, ao cobrar a alíquota de 17% aplicável ao transporte dentro do Estado do Pará. Ao transportar a soja para Itacoatiara, no Amazonas, ou Santana, no Amapá, incide a tributação interestadual, com uma alíquota de 12%, que resulta em menor dedução sobre as vendas e favorece o resultado em transportes interestaduais.

O DRE da Tabela 15 elucida que somente os tributos representam 21,5%, ou R$ 8,42 – quase a metade do custo direto da operação de R$ 17,33 entre Miritituba e Itacoatiara. Somando os R$ 6,67, ou 17% do preço cobrado alocado às despesas com depreciação, a soma de tributos, depreciação e custos diretos da operação representam R$ 32,42, ou 82,9% do preço.

Deve ser destacado, que todas as simulações de custos de frete consideram apenas receitas para o trecho Origem - Destino. Em virtude da atual situação de haver

pouco transporte de cargas utilizando os comboios de barcaças graneleiras vazias no trecho de retorno, as simulações foram realizadas sem potenciais receitas no trecho de retorno, que poderia contribuir de forma relevante a reduzir os custos e tornar o transporte de soja nas hidrovias da Amazônia mais competitivas.

A metodologia CBA, cuja finalidade permite mensurar monetariamente e avaliar se os benefícios de uma potencial decisão de investimentos superam os custos, foi exitosa ao identificar em quais cenários e combinações de variáveis, os benefícios monetários superam os custos. Outro aspecto do CBA, é comparar os resultados dos diferentes cenários, permitindo a escolha consciente entre as variáveis analisadas. A análise de custos resultou em levantamento dos principais custos no transporte de soja utilizando barcaças nas hidrovias da Amazônia.

Há outros benefícios, externas ao empreendimento de transporte fluvial de soja nas hidrovias da Amazônia, cuja mensuração monetária é mais complexa, e não contemplado no escopo deste trabalho. Estes benefícios não foram valorados, porém, ao avaliar a crescente produção e exportação de soja no Centro-oeste, em especial no Mato Grosso, não tem como desassociar diversos benefícios incorridos ao trocar de modais de transportes terrestres tradicionais para o transporte hidroviário no Arco Norte.

Um benefício que já foi percebido com a expansão dos portos do Arco Norte, é a redução de filas de espera e demoras em atender os navios de Longo Curso nos principais portos de grãos nos meses de pico da safra e seu escoamento. Consequentemente, os núcleos urbanos desses portos, que sofriam as consequências de quilômetros de filas de caminhões aguardando para descarregar nos portos, passaram a ter as consequências negativas na organização e mobilidade aliviadas.

A inversão da direção de parte do escoamento, antes voltado ao Sul e Sudeste, que migrou para as ETC do Norte, também reduziu a pressão na infraestrutura rodoviária, postergando necessidades de investimentos para duplicações, obras de arte e melhorias das vias.

Adicionalmente, a inversão da direção e troca de parte da distância rodoviária por transporte aquaviário traz inúmeros benefícios ao meio ambiente. O transporte aquaviário gera menos poluição atmosférica que os modais terrestres, lançando emissão menores de monóxido e dióxido de carbono, e óxidos de nitrogênio e enxofre

por tonelada de carga transportada. Além dos benefícios comparativos da emissão de gases nocivos na atmosfera, o transporte aquaviário também não necessita intervenções de grande impacto no meio ambiente, como construções de estradas, ferrovias, e suas respectivas obras de arte, como túneis, viadutos e passagens de níveis. Por fim, merece ser destacado, que os índices de acidentes também são menores que nos demais modais de transporte terrestre, resultando em menos derramamentos de poluentes no meio ambiente, e índices menores de lesões ou perdas de vidas.

Provavelmente o maior e mais difícil benefício de valorar, é a oportunidade de desenvolvimento, emprego e renda que gera, ao levar atividade econômica e investimentos à região menos favorecida do país, contribuindo para diminuir as desigualdades regionais.

Estes benefícios, entre outros, devem fomentar as autoridades e organismos públicos a estimular investimentos privados e favorecer empreendimentos interessados em atuar na logística do Arco Norte. Em especial, no transporte aquaviário e nas instalações portuárias necessárias para esta logística.

4.1 OPÇÕES DE ESCOAMENTO (ROTAS E RECURSOS DE TRANSPORTE FLUVIAL)

Com estes fatores, é possível obter os melhores resultados, utilizando comboios com 12 barcaças, transportando soja de Miritituba para Itacoatiara e para Santana, com um retorno sobre o capital próprio em ativos navais de 18,6% e 18,4% respectivamente.

Quando avaliando o menor custo total para transportar uma tonelada de soja por quilometro, um comboio maior, com 16 barcaças, obtém os menores valores: 0,0424 R$/t/km na rota para Barcarena, sendo que o retorno sobre capital próprio em ativos navais é de 13,6% - índice menor que os índices tendo Itacoatiara e Santana como destino.

Esta última análise, pode ser interessante para uma organização, cuja finalidade é de oferecer o menor custo por tonelada transportada, como transportadoras vinculadas às *Tradings*, independente da rentabilização do investimento de capital próprio em ativos navais.

Uma outra análise que deve ser feita, está relacionada com a capacidade de grãos que devem ser transportadas em um ano. O transporte de soja entre uma ETC e um porto marítimo exportador utilizando hidrovias, é apenas um elo na cadeia de logística entre o produtor e o comprador final. Ao criar uma organização para atender a demanda de transporte de um cliente específico, poderá haver volumes a serem transportados que irão obrigar a organização a optar por comboios maiores. Consequentemente, poderá ter custos maiores, ou poderá aumentar a quantidade de comboios, inclusive ter comboios de tamanhos diferentes para otimizar a utilização de ativos.

Ao montar uma organização para transporte de soja em barcaças graneleiras para entrar no mercado de forma competitiva, não vinculada às grandes *Trading Companies* com a finalidade de maximizar seu retorno sobre o investimento de capital próprio em ativos navais, deverá viabilizar a obtenção de contratos de transporte de soja de 782.307 toneladas de soja ao ano, de Miritituba para Itacoatiara, utilizando um comboio de 12 barcaças. Com esta configuração, também será competitivo transportando 798.571 toneladas para Santana como alternativa. Em todos os cenários simuladas, os resultados da empresa de transportes permitem contribuir para a sociedade recolhendo tributos, gerando emprego e renda.

Este trabalho irá permitir que as melhores decisões possam ser tomadas pela organização, a depender de sua estratégia e posição na cadeia logística perante as outras partes. Sua replicabilidade permite ajustar o modelo para as necessidades e custos de qualquer organização que pretende apurar o custo do transporte de soja utilizando barcaças graneleiras em comboios na Amazônia.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES QUE IMPACTAM NOS CUSTOS LOGÍSTICOS

Como identificado na análise dos resultados, a tributação é um fator relevante, e influencia diretamente nos resultados da organização. O principal fator, é o ICMS, cuja alíquota é aplicada sobre as receitas, independentemente de a organização apurar resultados favoráveis, ou receber pelos serviços prestados. No caso de Miritituba, localizado no Estado do Pará, a rota escolhida impactará diretamente na

alíquota, pois destinos dentro do estado são tributados em 17%, enquanto a alíquota para destinos em outros estados é de 12%.

Merece ser destacado, que já houve questionamento na esfera judicial, quanto à aplicabilidade de benefícios fiscais, considerando tratar-se de um transporte voltado exclusivamente ao escoamento de produção agrícola destinado à exportação. Em alguns países, há vantagens fiscais para aumentar a competitividade dos produtos destinados às exportações, seja através de reduções tributárias, ou subsídios, como por exemplo nos EUA.

Outro custo relevante, é o custo variável operacional, relacionado ao consumo de combustíveis e lubrificantes. A escolha de um empurrador que reúne características de economia no consumo, e que não seja superdimensionado, trará resultados relevantes para a composição dos custos totais. Por outro lado, uma negociação prévia de volumes de combustíveis com uma distribuidora ou revendedora, poderá permitir descontos sobre os preços de tabela vigente, trazendo impactos diretos nos custos, e consequentemente resultados econômicos.

Custos relacionados ao capital também impactam diretamente na capacidade de apurar resultados. Ao optar por financiamento dos ativos, é recomendável obter financiamentos com taxas de juros menores, de linhas de créditos federais, como BNDES ou FMM, cujas taxas geralmente são mais baixas, como parte da estratégia do país de estimular investimentos em infraestrutura e sua modernização, incluindo o setor de transporte aquaviário.

Pagot (2020) também explica, que no Brasil, diferente de países do hemisfério norte, não é comum operar com comboios carregados nas viagens de ida e no seu retorno, e portanto, o custo do transporte todo precisa ser compensado pelo frete da carga de ida, devido ao retorno vazio na maioria das viagens. Nos EUA, os comboios que transportam soja, milho ou farelo no sentido jusante, retornam com carvão mineral e outros granéis, tornando o frete fluvial ainda mais competitivo. É portanto, fator relevante, conseguir negociar o transporte de cargas no sentido de retorno do transporte da soja, permitindo diluir os custos e tornar o transporte mais competitivo.

4.3 RISCOS E TEMPOS DE ESCOAMENTO

Todo investimento em uma organização assume riscos. Geralmente, o investimento no risco é remunerado de forma proporcional ao risco que o investidor assume: um risco menor oferece uma remuneração menor ao investidor, enquanto um maior, remunera mais para compensar o risco maior assumido pelo investidor, quando se trata de organização que busca remunerar o capital.

As organizações bem-sucedidas, procuram identificar e mitigar os principais riscos inerentes ao negócio. No caso de transporte de soja em barcaças na Amazônia, há riscos específicos, devido à natureza do negócio e sua relação com os regimes hidrológicos dos rios.

Riscos externos, como vazantes extremas dos rios, reduzindo a navegabilidade, estão entre os maiores riscos. O ciclo natural de cheias e vazantes ocorre na maioria dos rios da Amazônia, inclusive no Rio Tapajós. Um dos métodos mais comuns adotados pelas transportadoras de diversos produtos, é o transporte de volumes menores, permitindo que as barcaças não calam tanto quanto com sua plena capacidade. Outra possibilidade, é reduzir o tamanho do comboio. Estas formas de alteração na configuração operacional afetam a capacidade de transporte de volumes ideais, mas permite continuar a operação, que é preferível à interrupção total. A escolha de barcaças menores, como o padrão Mississippi, permite operar com barcaças que oferecem maior flexibilidade de navegação e formação de comboios, principalmente no período de águas mais baixas, segundo Silva (2020).

Manutenções nos ativos navais são planejadas para serem executados no período de menor nível de águas nos rios onde navegam, mitigando dessa forma, o pior mês para a navegação quando o calado é mais restritivo.

O elemento tempo também oferece riscos ao escoamento, não podendo estar associado a fatores de gestão da organização. Para alcançar os volumes de soja transportada em um período, há diversos procedimentos operacionais que consomem tempo: a operação de carregar as barcaças na ETC de origem com a soja, a formação do comboio cheio com a amarração das barcaças, o tempo com qual o comboio é desmembrado no destino, e o tempo de seu descarregamento. Qualquer atraso ou ineficiência pode reduzir a disponibilidade dos ativos para o efetivo emprego na atividade de transporte, diminuindo sua produtividade. Estas operações são

realizadas pela ETC na origem e pelo porto marítimo de exportação no destino. Para mitigar ineficiências, poderão ser incluídos cláusulas de produtividade nos contratos de transporte, estipulando tempos totais e metas para o carregamento e descarregamento, a partir da disponibilização na instalação portuária. Poderão ser oferecidos descontos financeiros para superação dos tempos e penalidades financeiras proporcionais a eventuais atrasos.

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste trabalho, permitem alcançar os objetivos de identificar os fatores que impactam nos custos da logística do sistema de transporte fluvial de soja em grão, a partir das ETC da região de Mirituba, na margem direita do Rio Tapajós, aos portos fluviais para navios de longo curso do Arco Norte na Amazônia.

Para o sucesso de uma operação de transporte aquaviário de grãos utilizando barcaças graneleiras nas hidrovias da Amazônia, os fatores críticos ao êxito da operação foram identificados a partir de sua participação na Receita Bruta, identificando os três principais custos, como pode ser observado no Quadro 15, que representam 83,3% do total da Receita Bruta.

Quadro 15. Quadro relacionando os fatores críticos ao sucesso com seus impactos no resultado do Cenário Base

Descrição dos Custos	**Participação na Receita Bruta (%)**		**Fatores críticos ao sucesso**
	parcial	**total**	
Custos Operacionais		44,7%	
Combustíveis e óleos & lubrificantes	26,5%		Custo do Diesel Marítimo Custo dos Óleos e Lubrificantes Consumo de Combustível
Manutenção	9,6%		Custo de Manutenção
Seguros	5,2%		Custo de Seguros
Demais Custos Operacionais	3,4%		Custo com Recursos Humanos & Benefícios Encargos Sociais sobre Recursos Humanos Taxas de Operação (Capitania dos Portos, Fiscalização, etc.)
Deduções fiscais e tributários		21,2%	Alíquotas de deduções s/vendas (ICMS, PIS, PASEP, COFINS) Alíquotas de créditos tributários (ICMS sobre insumos) Alíqotas de deduções sobre o resultado (CSLL e IRPJ)
Depreciações		17,4%	Taxa de Depreciação
Participação total dos principais custos na Receita Bruta		**83,3%**	

Fonte: elaborado pelo autor

Os principais fatores que impactam nos custos, são os custos operacionais, que representam 44,7% da Receita Bruta no Cenário Base, com destaque para combustíveis e lubrificantes, que representam 26,5% da Receita Bruta, como pode ser observado no Quadro 15. Para assegurar a rentabilidade do empreendimento, o custo do combustível e o consumo dos empurradores são fatores críticos ao sucesso.

O segundo mais relevante custo, são as deduções fiscais e tributárias líquidas com vendas e provisões de IRPJ e CSLL, que somados totalizam 21,2%, incluindo os créditos fiscais sobre aquisição de insumos. O empreendimento não exerce influência para alterar as alíquotas, mas deve estar atento às escolhas estratégicas do negócio, pois a depender da rota, é fator crítico na composição tributária total. Transportes interestaduais tem tributação de 12% de ICMS, representando alíquota menor que os 17% de ICMS para transportes dentro do estado do Pará.

Em terceiro lugar, estão os custos com depreciações, que representam 17,4%, motivado pelo alto investimento em ativos navais. O valor das depreciações passa a ser nulo, no momento que os ativos continuam servindo à empresa, mas estão plenamente depreciadas contabilmente. Ao investir na manutenção, aumenta o potencial de utilização, e permite sua utilização além do período da depreciação.

A soma dos custos operacionais, sendo principalmente combustíveis e lubrificantes, com as deduções e provisões fiscais e tributárias, e a depreciação, totaliza 83,3% da Receita Bruta. Ao identificar esses três grupos de custos com tal relevância, passa a ser de suma importância para qualquer gestor de uma empresa de transporte aquaviário de grãos na Amazônia, focar as atenções e estratégias na busca de reduzir ao máximo seu impacto na operação.

As simulações de cenários com as variáveis identificadas, resultaram em 20 cenários diferentes. Os resultados permitiram sua análise, e identificação das melhores combinações para rentabilizar os ativos, considerando as opções de destino e tamanho de comboio. Muito em função do sistema tributário brasileiro, os destinos interestaduais de Itacoatiara e Santana apresentaram melhores resultados que os destinos dentro do Estado do Pará, de Santarém e Barcarena. O tamanho de comboio ideal para maximizar os resultados, consiste em 12 barcaças graneleiras, enquanto os menores custos em R$ por tonelada por quilômetro foi obtido com um comboio de 16 barcaças na rota para Barcarena, com R$ 0,0424.

A riqueza de informações obtidas neste trabalho, permite ao empreendedor interessado em montar uma empresa de transporte, traçar as melhores estratégias de acordo com suas necessidades. O melhor cenário, é obter contratos de transporte para rotas interestaduais, onde as alíquotas de ICMS são 5% menores que as alíquotas dentro do estado. Esta vantagem pode ser utilizada para aumentar a rentabilidade, ou reduzir o preço do frete, e com isso, assegurar maior volume para

viabilizar o ponto de equilíbrio que deve ser apurado para cada configuração de comboio e destino.

Outro aspecto de importância, e que deve fazer parte da estratégia da organização, está relacionada com os custos variáveis com combustíveis. Por representar mais de 20% da Receita Bruta, as atenções devem ser voltadas ao assunto desde o início da organização, quando são adquiridos os empurradores para sua frota.

Estudos devem ser realizados, para adquirir equipamentos econômicos na sua operação e manutenção, mesmo que seu custo de aquisição não seja o menor do mercado. Pagot (2020) destaca que a tecnologia embarcada e a navegação utilizando cartas eletrônicas de navegação, aumenta a segurança à navegação, e melhora a performance operacional dos comboios. Com uma taxa de depreciação de 20 anos, conforme regulado pela RFB, o gasto com diesel marítimo no Cenário Base com um empurrador no mesmo período, representa 3,1 vezes o valor do empurrador. Portanto, a aquisição de um empurrador que oferece vantagens no consumo de combustíveis, pode ser uma estratégia importante para otimizar os custos.

Silva (2020) também destacou, que alguns motores de empurradores consomem óleo pesado, que é mais barato, mas enfrentam dificuldades operacionais por não encontrar o tipo de combustível facilmente distante dos portos marítimos.

Da mesma forma, durante a operação, o custo do diesel marítimo deve ser negociado de forma favorável, pois com contratos de fidelização e garantia de volumes mínimos, pode ser possível negociar descontos sobre os valores de tabela, otimizando os custos.

Complementarmente, dois especialistas, Pagot (2020) e Silva (2020), contribuíram significativamente no entendimento operacional e na e coleta de dados, realizando ainda uma validação dos resultados obtidos nas simulações. Onde foi este o caso, há a menção de autoria por meio de citação e entrada nas Referências.

Outro benefício deste trabalho é o de permitir a uma organização de transporte fluvial simular alterações nas suas variáveis de custos, podendo identificar os impactos nos resultados financeiros. Para tal, por meio da Metodologia detalhada no Capítulo 3, poderá simular, conforme exemplos do Capítulo 4, seu modelo de negociação total e compreender a viabilidade da operação, por mais que não tenha tradição operacional na região. Isso é um fator muito importante para aumentar a

atratividade do Arco Norte para novos operadores logísticos, viabilizando este importante vetor de exportação e da estrutura de transportes do Brasil, a um custo apropriado ao desafio logístico, garantindo a competitividade para todas as partes interessadas.

Também poderão ser feitas simulações de quaisquer variáveis específicas, individualmente, ou em conjunto, para avaliar o resultado das mudanças, permitindo tomadas de decisões com maior assertividade e segurança na condução dos negócios.

Para esta oportunidade de investimentos da iniciativa privada ser potencializada, o setor público poderá tomar iniciativas que objetivam estimular investimentos e potencializar a atividade de transporte aquaviário no transporte de grãos nas hidrovias do Arco Norte. A seguir, no Quadro 16, estão listadas algumas iniciativas que o setor público poderá fomentar, potencializando a competitividade da soja brasileira nos mercados internacionais.

Quadro 16. Iniciativas do Setor Público que estimulam investimentos e potencializam a atividade de transporte aquaviário no Arco Norte

Ação	Status	Descrição	Responsável	Impacto
Ferrogrão	Projeto na agenda do Governo Federal, no Programa de Concessão de Ferrovias Federais. Audiências públicas sendo realizadas, e o Ministério da Infraestrutura tem expectativa de obtenção da Licença Prévia (LP) no primeiro trimestre de 2021, quando pretende promover leilão.	Ferrovia longitudinal denominada tecnicamente de EF-170, de 933 km, entre as cidades de Sinop/MT e Miritituba/PA. As principais cargas previstas são soja e milho em grãos, e farelo de soja, destinados à exportação do MT através dos portos do Arco Norte; fertilizantes importados no sentido inverso.	Governo Federal – Ministério da Infraestrutura Deverá ser uma concessão pública, atraindo investidores privados, com duração de 69 anos, e início de operação em 2030.	Investimentos de R$8,4 bilhões na implantação, e R$13,1 bilhões recorrentes no decorrer do projeto Redução de custos logísticos previstos de R$19,2 bilhões Transporte inicial de 20,7 milhões de toneladas de grãos e farelo em 2030 do MT até as ETC de Miritituba, onde deverão mudar de modal para o aquaviário, até ao porto de exportação no Arco Norte.

Quadro 16. Iniciativas do Setor Público que estimulam investimentos e potencializam a atividade de transporte aquaviário no Arco Norte (continuação da página anterior)

Ação	Status	Descrição	Responsável	Impacto
Dragagem e manutenção da navegabilidade do Baixo Tapajós na época da seca	Sem projeto	Semelhante às ações promovidas no Rio Mississippi, monitorar os trechos críticos para a navegação no período das águas baixas (seca), promovendo dragagem para garantir a manutenção de canal de passagem com calado mínimo o ano todo.	Governo Federal – Ministério da Infraestrutura; Marinha do Brasil – Capitania dos Portos de Santarém	Permitir a utilização da hidrovia do Baixo Tapajós com capacidades plenas dos comboios o ano todo. A maximização da utilização da hidrovia e dos ativos permite aumento da eficiência operacional com potencialização dos resultados ou redução dos custos de frete.
Tributação diferenciada para produtos destinados às exportações	Sem Projeto	Da mesma forma que a prestação de serviços logísticos voltados à exportação recebem reduções tributárias, assemelhando-se às cargas tributárias praticadas em outros países, o benefício deverá ser estendido ao transporte doméstico comprovadamente voltado a um trecho logístico cuja finalidade é o transporte para permitir a exportação do produto.	Governo Federal – Ministério da Economia/Receita Federal do Brasil; Estados da Federação – Secretarias das Fazendas	Aumento da competitividade das exportações brasileiras reduzindo o custo total dos produtos brasileiros nos portos de destino. Potencial estímulo em produção e logística para exportação, com geração de emprego e renda.
Melhorias no monitoramento maregráfico e tecnologia de avaliação do calado do canal de navegação na Barra Norte	Projeto parcial da Marinha do Brasil, que iniciou testes em 2018 ampliando o calado para 11,70m, e em 2020 para 11,90m.	O Canal da Barra Norte, passagem de demanda do Rio Amazonas na sua foz entre o Oceano Atlântico e o porto de Santana/AP, está oficialmente limitado a um calado máximo de 11,50 m na preamar. Estudos indicam haver possibilidade de aumentar o limite sem afetar a segurança da navegação no ponto restritivo de calado do Rio Amazonas.	Marinha do Brasil; Ministério da Infraestrutura	A Associação de Terminais Portuários Privados (ATP) estima que cada ampliação de 20 cm no calado permite um navio a transportar 1.800 toneladas adicionais de carga. Aumento da competitividade do frete marítimo de longo curso que utiliza os portos da bacia hidrográfica do Amazonas.

Fonte: elaborado pelo autor e a partir de Oliveira (2018, 2020), Ministério da Infraestrutura (2020b)

O Cenário Base também elucidou a importância de assegurar obtenção de contratos de carga em níveis elevados, comparado à capacidade total anual de transporte de soja. Apenas para a receita bruta igualar os custos fixos, será necessário alcançar 43,7% da capacidade anual de transporte de soja. Para alcançar a capacidade da receita bruta igualar aos custos totais, é necessário obter contratos de transporte que ocupam 77% da capacidade total. Portanto, o esforço da operação somente passa a ser rentável com transporte acima de 77% de sua capacidade total, indicando a necessidade de garantir contratos de transporte de volumes elevados para tornar a empresa de transporte aquaviário de soja em barcaças uma organização com resultados do exercício positivos.

No plano estratégico, a organização também deve concentrar as atividades de manutenção e férias do quadro de pessoal operacional no período de maior rigor de águas baixas do Rio Tapajós, quando o transporte é restrito em anos de vazantes acentuadas, limitando o calado e tamanho dos comboios na navegação do baixo Tapajós. A safra da soja coincide com o período de cheias do regime hidrológico do Rio Tapajós, mitigando um pouco do impacto da vazante, mas em função do aumento da capacidade de armazenamento, há embarque de soja ao longo do ano, mesmo que em volumes menores. A organização deve ter planos operacionais para navegar com cargas e comboios reduzidos, uma vez que poderá ser necessário transportar soja em período de águas baixas para cumprir contratos assumidos, ou incrementar os volumes transportados no ano, assegurando operar com resultados favoráveis superando o ponto de equilíbrio nos volumes.

Os resultados também permitem usuários do sistema de transporte ter um maior conhecimento da dinâmica dos custos de transporte, e negociar os melhores preços, aumentando a competitividade das exportações da soja brasileira.

O estudo permitiu identificar oportunidades de aprofundar pesquisas e ampliar o conhecimento de forma a complementar este trabalho. Considerando que na maioria das vezes, as barcaças retornam dos portos às ETC sem cargas, existe um grande potencial de reduzir os custos ao desenvolver uma logística reversa, ocupando as barcaças que retornam vazias, com cargas que possam ser transportadas em barcaças graneleiras sem impactar na operação com grãos. Esta possibilidade permite ofertar um frete de cargas no sentido inverso ao escoamento dos grãos, ajudando a diluir os custos e, portanto, potencializar os resultados.

O escopo deste trabalho também não avaliou as produtividades das ETC e portos fluviais de longo curso com relação às suas operações de carga e descarga. Sua escolha poderá afetar o tempo disponível para transportar cargas, e, portanto, afetar os resultados da empresa de transporte de grãos em barcaças. A operação de carga e descarga dos grãos nas barcaças é realizada pelos ETC e portos fluviais de longo curso, e não pela empresa de transporte fluvial dos grãos. Um detalhamento da produtividade da operação de carga nas ETC e descarga nos portos fluviais de longo curso, permitiria calcular os custos específicos da operação, auxiliando nas decisões estratégicas de determinação de preços ou negociações das condições contratuais. O estudo da produtividade da infraestrutura poderá contribuir de forma a complementar este trabalho.

Os trabalhos desenvolvidos nesta dissertação permitiram identificar ao menos três oportunidades para desenvolver novos trabalhos, permitindo aumentar o conhecimento relacionado ao mesmo tópico.

O primeiro trabalho futuro que poderá ser desenvolvido, é um estudo para aproveitar a logística reversa das barcaças graneleiras, que na sua maioria, retornam dos portos exportadores marítimos às ETC vazias, incorrendo em custos, mas sem apurar receitas, o que acaba onerando o transporte dos grãos.

Algumas empresas de transporte aquaviário tem transportado fertilizantes nas barcaças graneleiras. O fertilizante, que é na sua maioria importado, é necessário na produção de soja e milho no Cerrado, necessitando, portanto, seguir desde os portos marítimos até ao produtor rural, pelo caminho inverso das exportações dos grãos.

Não há hoje uma logística reversa eficiente, permitindo o transporte com acondicionamento adequado dos fertilizantes importados nas barcaças graneleiras, que precisam passar por processo de limpeza rigorosa após transportar fertilizantes, antes que possam retornar a serem carregadas com soja. Ao necessitar de limpeza especial de um produto com potencial de dano ambiental maior que os grãos de soja ou milho, além de incorrer em um processo de limpeza que compromete mais tempo e consequente disponibilidade das barcaças para transporte, há riscos ambientais que precisam ser considerados pela empresa que opta por transportar fertilizantes sem acondicionamento específico.

Um trabalho para desenvolver uma logística reversa eficiente, permitirá maior utilização da infraestrutura de transporte aquaviário do Brasil, potencializando maior

competitividade às exportações de grãos, e ainda reduzir custos de transporte tanto dos grãos, quanto dos fertilizantes, com aumento da rentabilidade da empresa de transporte aquaviária.

Um segundo trabalho que poderá ser desenvolvido, está relacionado com a tecnologia e eficiência dos motores dos empurradores. Mesmo sendo o meio de transporte que tem o menor índice de emissão de CO_2, menor gasto de combustível por tonelada transportada, e os menores índices de acidentes, o gasto com combustíveis e óleos lubrificantes é expressivo, representando 20% da Receita Bruta no Cenário Base. Em 20 anos, tempo de vida útil de um empurrador com base na taxa de depreciação da Receita Federal do Brasil (2017), um empurrador terá gasto 3,1 vezes seu valor de aquisição em combustíveis.

Um estudo voltado à melhor tecnologia para ser empregada na propulsão de empurradores, trará benefícios não somente ambientais, como de custos, permitindo potencializar os resultados financeiros, e possivelmente ainda ofertar uma redução nos custos do frete, tornando as exportações brasileiras da soja mais competitivas nos mercados internacionais, onde precisa concorrer com produtores cuja soja muitas vezes tem custos menores da porteira ao porto.

E um terceiro trabalho futuro sugerido, está relacionado à operação e tempo necessário para carregar uma barcaça vazia, montar o comboio, e depois desmontar o comboio, descarregar a barcaça, e promover a limpeza da barcaça.

No Cenário Base, onde foram utilizadas 12 barcaças em transporte de soja entre Miritituba e Itacoatiara, para cada operação, 31 horas são consumidos em média para realizar atividades necessárias, mas que não agregam valor aplicando a análise de conceitos da metodologia *Lean*. No ano, representa 42 dias, ou 15,6% do tempo disponível no ano.

Qualquer alteração nestes processos, trará benefícios de eficiência, que podem ser revertidos para uma maior capacidade anual de transporte, ao aumentar a utilização dos ativos navais, bem como potencializar os resultados financeiros. A depender da estratégia escolhida pela transportadora, poderá manter os preços do frete, maximizando os resultados financeiros, ou reduzir os valores cobrados, aumentando sua competitividade, e a competitividade dos grãos brasileiros exportados utilizando as hidrovias do Arco Norte.

As três sugestões de trabalhos futuros estão diretamente relacionadas ao trabalho desta dissertação, e complementam o estudo já desenvolvido. Seus achados e suas conclusões poderão contribuir para aumentar a produtividade e eficiência no transporte aquaviário de grãos utilizando comboios de barcaças graneleiras, permitindo aumentar a competitividade brasileira nos mercados internacionais dos grãos originados no Cerrado e exportados utilizando o Arco Norte.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, O. F. T.; FERREIRA, J. D. Analysis of soybean trade strategies with forward contracts on the Chicago stock exchange and on the spot market in Cascavel, Brazil. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 1487–1505, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6282>

AGUIAR, R. de S.; ROCHA, E. J. P. Da; JUNIOR, J. A. de S.; SANTOS, J. T. S. Dos; SANTOS, J. S. Dos. Análise de Componente do Regime Hidrológico da Bacia do Rio Amazonas em Anos de Eventos Climáticos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [s. l.], v. 12, n. 03, p. 988–1002, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/download/237349/33018%3B>

AL ENEZY, O.; VAN HASSEL, E.; SYS, C.; VANELSLANDER, T. Developing a cost calculation model for inland navigation. **Research in Transportation Business and Management**, [s. l.], v. 23, p. 64–74, 2017.

ALBUQUERQUE, S. M. **Ferrovias: Aspectos Técnicos de Projeto**. 2011. Disponível em: <http://www.civil.ita.br/graduacao/tgs/resumos/2011/TGIEI_011_Samuel.pdf>.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. **World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revisionLand Use Policy**. Rome. 2012.

AMBIENTARE - SOLUÇÕES AMBIENTAIS LTDA. **EIA - Terminal LDC Tapajós**. Brasília. 2016. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2016/05/EIA_LDC_TAPAJOS.zip>.

ANA. **Divisões hidrográficas do Brasil**. 2020a. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/monitoramento/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>. Acesso em: 23 abr. 2020.

ANA. **Cota Fluviométrica da Estação de Itaituba C 17730000**. 2020b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 19 abr. 2020.

ANAC. **Lista de Empresas Aéreas no Transporte Aéreo Regular**. Brasil. 2019. Disponível em: <https://sistemas.anac.gov.br/sas/empresasaereas/view/frmEmpresas.aspx>. Acesso em: 21 maio. 2019.

ANTAQ. **Resolução ANTAQ 2.340/12** – Estação de Transbordo, Brasil, 2012.

ANTAQ. **Relatório Técnico - Bacia Amazônica**. Brasilia. 2013. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/PNIH/RTBaciaAmazonica.pdf>.

ANTAQ. Bacia do Tocantins-Araguaia. **Relatório Executivo - Bacias Hidrográficas**: Trechos - Hidrovias. Brasilia. 2013. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/portalv3/PNIH/BaciaTocantinsAraguaia.pdf>.

ANTAQ. **Anuário Estatístico de 2013**. Brasilia. 2014. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Anuario2013/index.htm>.

ANTAQ. **TKU da navegação interior e de cabotagem – 2014**. Brasília. 2015. Disponível em: <http://antaq.gov.br/Portal/Estatisticas_NavInterior.asp>.

ANTAQ. **VEN 2016: Vias Economicamente Navegadas**. Brasilia. 2018. Disponível em: <www.antaq.gov.br>.

ANTAQ. **ANTAQ - Informações Institucionais**. 2019a. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/portal/Institucional.asp>. Acesso em: 14 maio. 2019.

ANTAQ. **ANTAQ - Anuário Estatístico - Movimentação Portuária - Vias Interiores - 2019**. 2019b. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/anuario/>. Acesso em: 4 maio. 2020.

ANTAQ. **ANTAQ - Desempenho Portuário: Estatístico Aquaviário**. 2020a. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/anuario/>. Acesso em: 22 jan. 2020.

ANTAQ. **Portos Brasileiros**. 2020b. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/index.php/instalacoes-portuarias-2/portos/portos-brasileiros/>. Acesso em: 3 maio. 2020.

ANTAQ. **ANTAQ - Navegacao Interior - Frota Sintética**. 2020c. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/Portal/Frota/ConsultarFrotaSintetica.aspx?tiponav=interior>. Acesso em: 21 abr. 2020.

ANTT. Nota Técnica No.8 - **Definição de Veículo Automotor de Cargas - SUROC/ANTT**. definição de veículo automotor de carga. Brasil, 2014. p. 17. Disponível em: <antt.gov.br>

ANTT. **ANTT - Caderno de demanda**. Brasília. 2016. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/caderno_de_demanda.pdf>.

ANTT. **Evolução do Transporte Ferroviário de Cargas**. Brasilia. 2017. Disponível em: <www.antt.gov.br>.

ANTT. **Produção - Origem - Destino de 2006 a 2019 (Fevereiro)**. 2019. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/ferrovias/arquivos/Anuario_Estatistico.html>. Acesso em: 19 maio. 2019.

ARVIS, J.-F.; OJALA, L.; WIEDERER, C.; SHEPHERD, B.; RAJ, A.; DAIRABAYEVA, K.; KIISKI, T. **Connecting to Compete 2018: Trade Logistics in the Global Economy**. Washington. 2018. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29971/LPI2018.pdf>.

BALLOU, R. H. **Logística Empresarial - Transporte, Administração de Materiais e Distribuição**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1993.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **BCB - Calculadora do cidadão Calculadora do cidadão Acesso público Resultado da Correção pelo IGP - M (FGV)**. Brasil. 2020. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice>. Acesso em: 7 jul. 2020.

BARBOZA, M. A. M. A Ineficiência da Infraestrutura Logística do Brasil. **Revista Portuária Economia & Negócios**, [s. l.], p. 1–14, Itajaí. 2014. Disponível em: <http://www.revistaportuaria.com.br/noticia/16141>

BARFOD, M. B.; SALLING, K. B.; LELEUR, S. Composite decision support by combining cost-benefit and multi-criteria decision analysis. **Decision Support Systems**, [s. l.], v. 51, n. 1, p. 167–175, Netherlands, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.005>

BENDER, L. E.; MICHEL, F. D. Transporte Hidroviário De Cargas: Proposta De Modelo De Estimativa De Custos De Linha Na Navegação Interior Brasileira. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, [s. l.], v. 11, n. Edição Especial 2, p. 155–176, Florianópolis, 2018.

BERIA, P.; MALTESE, I.; MARIOTTI, I. Multicriteria versus Cost Benefit Analysis: A comparative perspective in the assessment of sustainable mobility. **European Transport Research Review**, [s. l.], v. 4, n. 3, p. 137–152, United Kingdom, 2012.

BERTAGLIA, P. R. **Logística e Gerenciamento da Cadeia de Abastecimento**. 3. ed. São Paulo, Brazil: Editora Saraiva, 2016.

BNDES. **Navegação Interior Brasileira**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <www.bndes.gov.br>.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. A soja no Brasil: história e estatística. **EMBRAPA-CNPSo. Documentos**, Londrina, v. 21, p. 61, 1987. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/446431?mode=simple>

BONATO, G. **New titans on the block: ABCDs lose top Brazil grains spot to Asian rivals**. São Paulo, p. 4, 23 mar. 2016. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/us-brazil-grains/new-titans-on-the-…ck-abcds-lose-top-brazil-grains-spot-to-asian-rivals-idUSKCN0WP19V>

BRANDT MEIO AMBIENTE AMAZÔNIA LTDA. **EIA - ETC Miriticuba**. Belém. 2011. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/wp-content/uploads/2017/08/eia/eia_terfron.doc>.

BRANKOV, T. **How Genetically Modified Organisms (GMOs) enter the food chain in non-GMO producing countries.** CAB International, [s. l.], v. 00, p. 4, Wallingford, 2018. Disponível em: <http://cabiblog.typepad.com/hand_picked/2018/01/how-genetically-modified-organisms-gmos-enter-the-food-chain-in-non-gmo-producing-countries.html>

BRASIL. Lei N. 9.432 de 8 de Janeiro de 1997. **Lei da Cabotagem**. Brasil, 1997. p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS>

BRASIL. Lei N. 10.233 de 5 de Junho de 2001. **Lei 10.233/2001**. Brasil, 2001. p. 1–5. Disponível em: <www.planalto.gov.br>

BRASIL. **Lei N. 10.637 de 30 de Dezembro de 2002**. Brasil, 2002. p. 1–22. Disponível em: <www.planalto.gov.br>

BRASIL. **Lei N. 10.833 de 29 de Dezembro de 2003.** Brasil, 2003. p. 1–41. Disponível em: <www.planalto.gov.br>

BRASIL. L**ei N. 11.182 de 27 de Setembro de 2006**. Brasil, 2006. p. 1–31. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm>

BRASIL. **Plano Hidroviário Estratégico - Produto 3: Relatório de diagnóstico e avaliação**. Brasilia. 2013. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/images/TRANSPORTE_HIDROVIARIO/PHE/DIAGNOSTICO_AVALIACAO.pdf>.

BROOKES, G.; CRADDOCK, N.; KNIEL, B. **The global GM market: implications for the European food chain.** An analysis of labelling requirements, market dynamics and cost implications. Brookes West, Canterbury, United Kingdom. 2005.

BUREAU OF TRANSPORTATION STATISTICS. **National Transportation Statistics**. Washington. 2018. Disponível em: <http://www.bts.gov/publications/national_transportation_statistics/>.

CAMPOS, C. D. De. **Transporte Logístico Fluvial na Amazônia Ocidental - uma proposta de Condicionantes Operacionais e Doutrinárias para a Configuração mais adequada das Balsas empregadas pelo Centro de Embarcações do Comando Militar da Amazônia**. Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, [s. l.], Rio de Janeiro. 2017.

CARNEIRO, C. A.; CERVI, G. M.; LIMA, M. M.; ARAÚJO, F. De. **Aplicação da Pesquisa Operacional para Minimização de Custos de Transporte: Um Estudo de Caso**. In: V SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMEP 2017, Joinville. Anais... Joinville. 2017. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/5simep/>

CDP. **CDP - Portos e Terminais - Porto de Santarém**. Belém, 2020a. Disponível em: <https://www.cdp.com.br/porto-de-santarem>. Acesso em: 3 maio. 2020.

CDP. **CDP - Portos e Terminais - Porto de Vila do Conde**. Belém, 2020b. Disponível em: <https://www.cdp.com.br/porto-de-vila-do-conde>. Acesso em: 26 abr. 2020.

CFS. **International Labeling Laws**. Washington, 2018. Disponível em: <http://www.centerforfoodsafety.org/issues/976/ge-food-labeling/international-labeling-laws>. Acesso em: 15 abr. 2018.

CHARLES, R.; HURBURGH, J. **Soybean Drying and Storage**. Iowa State University, [s. l.], n. November, 2008. Disponível em: <https://www.extension.iastate.edu/grain/files/Migrated/soybeandryingandstorage.pdf>

CLEVER, J. **China ' s Robust Demand Expected to Drive Soybean Imports to 100 Million Metric Tons in MY18 / 19**. Washington. 2018. Disponível em: <https://gain.fas.usda.gov/Recent GAIN Publications/Oilseeds and Products Annual_Beijing_China - Peoples Republic of_3-13-2018.pdf>.

CNT. **Entraves logísticos ao escoamento de soja e milho**. Brasilia. 2015. Disponível em: <www.cnt.org.br>.

CNT. **Anuário CNT do Transporte 2016**. Brasilia. 2016. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2016/>.

CNT. **Anuário CNT do Transporte: estatísticas consolidadas 2018.** Brasília. 2018a. Disponível em: <www.cnt.org.br>.

CNT. **BOLETIM ESTATÍSTICO - CNT - AGOSTO 2018**. Brasília. 2018b. Disponível em: <http://www.cnt.org.br>.

COLARES, J. C. de S. **Alternativas de transporte da soja em grão do Noroeste do Mato Grosso – Brasil para os Portos de Rotterdam – Holanda e Yokohama – Japão: estudo de caso na Empresa Hermasa - 2008**. 2010. Universidade Federal de Rondônia, [s. l.], Porto Velho. 2010.

COMISSÃO DE VALORES MOBILIÁRIOS. **Pronunciamento Técnico CPC 16 (R1).** Brasil, 2009. p. 10. Disponível em: <www.cvm.gov.br>

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasilia. 2013. Disponível em: <www.conab.gov.br>.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasilia. 2015. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos?start=40>.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasilia. 2016. Disponível em: <www.conab.gov.br>.

CONAB. **Compendio de Estudos Conab / Companhia Nacional de Abastecimento V.6, 2017**. Brasília. 2017. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab>.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasilia. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasilia. 2019a. Disponível em: <www.conab.gov.br>.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasilia. 2019b. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>.

CONTRAN. **Resolução N. 68**. Brasília. 1998, 68, p. 23/09/1998.

CONTRAN. **Resolução N. 2011**. Brasília. 2006.

DENATRAN. **Portaria N. 86**. Brasil. 2006.

DENATRAN. **Portaria N. 63 - ANEXOS**. Brasil. 2009, p. 7.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT. **Maritime Statistics 2006**. London. 2007.

DEPUTADOS, C. Dos. **Arco Norte: um Desafio Logistico**. Brasilia. 2016. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/a-camara/estruturaadm/altosestudos/pdf/arco_norte.pdf http://camara.leg.br/editora>.

DETR. **Multi-criteria analysis: a manual**, the Crown, London, 2009. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7612/1132618.pdf>

DNIT. **Hidrovia do Tapajós**. Brasília, 2016a. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-tapajos>. Acesso em: 18 fev. 2020.

DNIT. **Hidrovia do Tapajós**. Brasília, 2016b. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/hidrovias/hidrovias-interiores/hidrovia-do-tapajos>. Acesso em: 18 fev. 2020.

DNIT. **Hidrovia do Amazonas**. Brasília, 2018a. Disponível em: <https://www.dnit.gov.br/modais-2/aquaviario/hidrovia-do-mercosul>. Acesso em: 3 maio. 2020.

DNIT. **Hidrovia do Tocantins - Araguaia**. Brasília, 2018b. Disponível em: <https://www.dnit.gov.br/modais-2/aquaviario/hidrovia-do-tocantins-araguaia>. Acesso em: 7 maio. 2020.

DNIT. **Hidrovias**. Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/modais-2/aquaviario/hidrovias>. Acesso em: 3 maio. 2020.

EASTERBROOK, S.; SINGER, J.; STOREY, M.-A.; DAMIAN, D. **Selecting Empirical Methods for Software Engineering.** Research Guide to Advanced Empirical Software Engineering. Guide to Advanced Empirical Software Engineering, [s. l.], p. 285–311, London, 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84800-044-5_11>

ECONOMIST, T. **The soy road; Chicago's exchanges in Asia**. The Economist, London, p. 2, 2004. Disponível em: <https://www.economist.com/>

EPL. **Manual de Custo-Benefício para Projetos de Infraestrutura de Transporte**, Empresa de Planejamento e Logística - EPL, Brasília. 2019. Disponível em: <www.epl.com.br>

EPL. **EPL nas Concessões**. Brasil. 2020. Disponível em: <https://www.epl.gov.br/epl-nas-concessoes2>. Acesso em: 5 jan. 2020.

ESTADO DO PARÁ. **Decreto nº 73 de 24/04/2019.** Estado do Pará, 2019. p. 1–4. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=376961>

ESTALEIRO RIO MAGUARI. **Estaleiro Rio Maguari - Construção Naval**. Brasil. 2020. Disponível em: <http://www.riomaguari.com.br/shipbuilding/>. Acesso em: 20 fev. 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment**

Projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014-2020. Brussels: European Union, 2014. Disponível em: <http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/cba_guide.pdf>

FAO. **The future of food and agriculture: Trends and challengesUnited Nations**. 2017. Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i6583e.pdf>.

FAO. **FAOSTAT-Crops**. 2018. Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 13 set. 2018.

FAYET, L. A. **Agronegocio Brasileiro - Alavanca do Desenvolvimento - Oportunidades e Desafios - MP 832**. Brasilia: CNT, 2018. Brasília. 2018.

FERREIRA, M. A. **Tipos de Modais**. [s. l.], v. d, p. 6–8, 2017. Brasil. 2017. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/670>. Acesso em: 6 mar. 2019.

FINANCIAL TIMES. **China province bans GMO crops for five years**. Financial Times, London, p. 2, 2016. Disponível em: <https://www.ft.com/content/a221fb5e-c750-11e6-8f29-9445cac8966f>

FREITAS, C. **Qual a diferença entre lucro real e lucro presumido? Qual escolher?** Brasil. 2014. Disponível em: <https://syhus.com.br/2014/07/15/qual-diferenca-entre-lucro-real-e-lucro-presumido/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

GALE, F.; VALDES, C.; ASH, M. **Interdependence of China, United States, and Brazil in Soybean Trade**. Washington. 2018. Disponível em: <www.ers.usda.gov>.

GETTER, D. J.; DAVIDSON, M. T.; CONSOLAZIO, G. R.; PATEV, R. C. **Determination of hurricane-induced barge impact loads on floodwalls using dynamic finite element analysis.** Engineering Structures, [s. l.], v. 104, p. 95–106, Netherlands, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.09.021>

GROUP, M. **Voters Want GMO Food Labels Printed on Packaging**. Washington. 2015. Disponível em: <http://4bgr3aepis44c9bxt1ulxsyq.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/12/15memn20-JLI-d6.pdf>.

HAEZENDONCK, E. **Transport Project Evaluation: Extending the Social Cost Benefit Approach**. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2007.

HERMASA. **Hermasa e o Corredor Madeira/Amazonas**, Hermasa, Caiabá. 2013. Disponível em: <http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2016/12/João-Roberto-Zamboni-–-Diretor-da-HERMASA.pdf>

IBGE. **Produção Agrícola Municipal - PAM/2016**. Brasilia. 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/0627a473aaf2e17540aecd441cdef0b1.pdf>.

IMEA. **Boletim da Soja nº 335 - IMEA**. Cuiaba. 2015. Disponível em: <www.imea.com.br>.

IMEA. **Boletim da Soja n. 438 - IMEA**. Cuiaba. 2017. Disponível em: <http://www.imea.com.br/imea-site/relatorios-mercado-detalhe?c=4&s=2>.

IMEA. **Agronegócio no Brasil e em Mato Grosso**, IMEA, Cuiabá, 2018a. Disponível em: <http://www.imea.com.br/%5Cnhttp://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/R405_Apresentacao_MT_Portugues_Nova_26_11_2014.pdf>

IMEA. **Boletim da Soja n. 488 - IMEA**. Cuiaba. 2018b. Disponível em: <www.imea.com.br>.

IMEA. **Boletim da Soja nº 583 - IMEA**. Cuiaba. 2019a. Disponível em: <www.imea.com.br>.

IMEA. **Agronegócio no Brasil e em Mato Grosso**, IMEA, Cuiabá, 2019b. Disponível em: <http://www.imea.com.br/imea-site/view/uploads/relatorios-mercado/Apresentacao_20190426.pdf>

IMEA. **Boletim da Soja n. 537 - IMEA**. Cuiaba. 2019c. Disponível em: <www.imea.com.br>.

IMEA. **Boletim da Soja n. 586 - IMEA**. Cuiaba. 2020. Disponível em: <www.imea.com.br>.

ISAAA. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016.** ISAAA. Ithaca. 2016. Disponível em: <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/52/executivesummary/pdf/B52-ExecSum-Portuguese.pdf>.

ISAAA. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years**. Ithaca. 2017. Disponível em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf>.

ISFAC. **Illinois Marine Transportation Initiative**. Chicago. 2018. Disponível em: <http://www.idot.illinois.gov/Assets/uploads/files/Transportation-System/Pamphlets-&-Brochures/Freight-Council/102918/ISFAC_Illinois_Marine_Transportation_October.pdf>.

JONES, H.; MOURA, F.; DOMINGOS, T. Transport Infrastructure Project Evaluation Using Cost-benefit Analysis. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [s. l.], v. 111, p. 400–409, Netherlands, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.073>

JUSBRASIL. **STJ - Isenção de tributos no transporte internacional de cargas não se aplica ao trecho interno**. Brasil. 2020. Disponível em: <https://nota-dez.jusbrasil.com.br/noticias/3165062/stj-isencao-de-tributos-no-transporte-internacional-de-cargas-nao-se-aplica-ao-trecho-interno>. Acesso em: 14 jul. 2020.

KAWAMOTO, E. **Análise de Sistemas de transporte**. 2. ed. São Carlos: USP, 2015.

LEE, T. S.; TRAN, A.; HANSEN, J.; ASH, M. **Major Factors Affecting Global**

Soybean and Products Trade Projections. Amber Waves, [s. l.], n. . Washington. May, 2016. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2016/may/major-factors-affecting-global-soybean-and-products-trade-projections/>

LEITÃO, F. O. **Análise sistêmica da segregação na cadeia logística da soja após o advento e a difusão dos transgênicos**. Brasília, 2014. Universidade de Brasília, [s. l.], 2014.

LOPES, H. dos S.; LIMA, R. da S.; FERREIRA, R. C. **A cost optimization model of transportation routes to export the Brazilian soybean**. Custos e Agronegocio, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 90–109, Brasil. 2016. Disponível em: <www.custoseagronegocioonline.com.br>

LOPES, H. dos S.; LIMA, R. da S.; LEAL, F.; NELSON, A. de C. Scenario analysis of Brazilian soybean exports via discrete event simulation applied to soybean transportation: The case of Mato Grosso State. **Research in Transportation Business and Management**, [s. l.], v. 25, n. August, p. 66–75, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2017.09.002>

MACKIE, P.; WORSLEY, T.; ELIASSON, J. Transport appraisal revisited. **Research in Transportation Economics**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 3–18, Netherlands, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.retrec.2014.09.013>

MANDARINO, J. M. G. **Composição química média da soja e valor nutricional das suas proteínasEmbrapa - Soja**. Brasília: IEEE, 1987. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/Composição+química+média+e+valor+nutricional+dos+grãos+de+soja.pdf/60519771-341d-19ee-6e85-1e62073166b2>.

MANDEMAKER, V. **The question of the production of Genetically Modified Foods**. In: (MUNISH, Ed.)UN GENERAL ASSEMBLY 3 - XXV ANNUAL SESSIONS 2015, Hague. Anais... Hague: United Nations International School of The Hague, 2015. Disponível em: <http://www.munish.nl>

MAPA. **Infraestrutura e Logística**. Brasil. 2019. Disponível em: <www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/infraestrutura-e-logistica/infraestrutura-e-logistica>. Acesso em: 22 jan. 2020.

MARINHA. Revista Maritima Brasileira. **Revista Maritima Brasileira**, [s. l.], v. 1, n. v. 130 n. 04/06, p. 1–336, Brasil. 2010. Disponível em: <http://www.revistamaritima.com.br>

MARINHA. Revista Maritima Brasileira. **Revista Maritima Brasileira**, [s. l.], v. 1, n. v. 133 n. 01/03, p. 1–320, Brasil, 2013. Disponível em: <http://www.revistamaritima.com.br>

MARINHA DO BRASIL. **NORMAM - 01/DPC.** Brasil, 2005a. p. 538. Disponível em: <www.marinha.mil.br>

MARINHA DO BRASIL. **NORMAM - 02/DPC.** Brasil, 2005b. p. 467. Disponível em: <www.marinha.mil.br>

MARINHA DO BRASIL. Avisos aos Navegantes. **NAVAREA V BRASIL**, [s. l.], n. 21, p. 95, Brasil, 2008. Disponível em: <http://www.mar.mil.br/dhn>

MARINHA DO BRASIL. **Normas de Tráfego nas Eclusas da Hidrovia do Tocantins**: Normas de Tráfego em Hidrovias. Belem, 2011. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/sites/www.marinha.mil.br.cpaor/files/normaseclusas.pdf >.

MARINHA DO BRASIL. **Normas e Procedimentos Capitania dos Portos de Santarém**. Brasil, 2015. p. 75. Disponível em: <www.cfs.mar.mil.br>

MARTINS, E. **Contabilidade de Custos**. 9. ed. Sao Paulo: Atlas, 2003.

MDIC. **Balança Comercial: janeiro-dezembro 2017 - Exportação Brasileira por Produtos, em US$ FOB**. Brasil. 2018. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/index.php/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano?layout=edit&id=3056>. Acesso em: 2 set. 2018.

MEDICON. **Guia: Lucro Real e Lucro Presumido tudo o que você precisa saber**. Brasil. 2018. Disponível em: <http://blog.medicon.com.br/novidades/guia-lucro-real-lucro-presumido/>. Acesso em: 16 jul. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Transporte Aquaviário**. Brasil. 2014. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/conteudo/52-sistema-detransportes/1432-transporte-aquaviario.html>. Acesso em: 5 maio. 2019.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Financiamento (FMM)**. Brasil. 2016. Disponível em: <https://transportes.gov.br/component/content/article/49-incentivos-fiscais/3821-financiamento-fmm.html>. Acesso em: 31 maio. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Sistema Portuário Nacional**. Brasil. 2017. Disponível em: <http://www.infraestrutura.gov.br/sistema-portuário.html>. Acesso em: 22 jan. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Resoluções - CDFMM**. Brasil. 2020a. Disponível em: <https://transportes.gov.br/conteudo/49-incentivos-fiscais/3933-resoluções-cdfmm.html>. Acesso em: 31 maio. 2020.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. **Concessão da EF-170 FERROGRÃO**, Ministério da Infraestrutura, Brasil. 2020b. Disponível em: <https://www.ppi.gov.br/ef-170-mt-pa-ferrograo>

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. **Plano Hidroviario Estrategico - PHE**. Brasilia: Ministério dos Transportes, Brasil. 2015.

MINTEL. **Global food and drink trends 2018**. London. 2018.

MIYAGI, P. E. **Introdução a Simulação Discreta**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://sites.poli.usp.br/d/pmr2460/arquivos/Apostila_Simulacao.pdf>

MTPA. **Trechos - Hidrovias**. Brasil. 2017a. Disponível em: <http://dados.infraestrutura.gov.br/dataset/99e455ff-86a0-4482-8e00-cec203c17c84/resource/cb6e9c54-19a0-4e68-8eed-de3aa9b8f31e/download/phe_trechos_hidroviarios-mapas__de_referencia.pdf>. Acesso em: 10 maio. 2020.

MTPA. **Plano Mestre do Complexo Portuário de Santana**. Brasilia. 2017b. Disponível em: <https://transportes.gov.br/images/planos-mestres-versao-completa/pm17.pdf>.

OECD. **OECD.Stat.** Paris. 2018. Disponível em: <https://stats.oecd.org>. Acesso em: 31 mar. 2018.

OLIVEIRA, D. **Ampliação de calado na Barra Norte pode aumentar ganhos em R$ 2,7 milhões por embarcação**. Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/ampliacao-de-calado-na-barra-norte-pode-aumentar-ganhos-em-r-2-7-milhoes-por-embarcacao>. Acesso em: 7 maio. 2020.

OLIVEIRA, D. **Aumento gradual de calado na Barra Norte fomenta terminais e ocupação de Panamax**. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <https://www.portosenavios.com.br/noticias/navegacao-e-marinha/aumento-gradual-de-calado-na-barra-norte-fomenta-terminais-e-ocupacao-de-panamax>.

OLIVEIRA, P. I. De. **Governo conclui obras de pavimentação da BR-163 , no Pará**. Brasil. 2019. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2019-11/governo-conclui-obras-de-pavimentacao-da-br-163-no-para>. Acesso em: 31 dez. 2019.

PAGOT, L. A. **E Entrevista qualitativa não estruturada**. TCLE/UFAM, Manaus. 2020.

PARÁ, B.; FRANCISCO, S.; ALTA, T.; PÚBLICO, P.; ALEGRE, M.; ALEGRE, M. **Mapa Multimodal: Anuário Estatístico de 2017**, Ministério dos Transportes, Brasil. 2017. Disponível em: <http://infraestrutura.gov.br/images/bit/Tabelas_Anuário_Estatístico_de_Transportes/10_Mapas/MapaMultimodal.pdf>

PAYER, C. **Commodity Trade of the Third World**. London: The Macmillan Press Ltd., 1975.

PEREIRA, L. M. **Modelo de Formação de Preços de Commodities Agrícolas Aplicado ao Mercado de Açúcar e Álcool**. 2009. Universidade de São Paulo, [s. l.], 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-04062009-155921/publico/Tese_Doutorado_Leonel_20090421.pdf>

POSNER, E. A. **Cost-Benefit Analysis in U.S. Regulation**, University of Chicago Law School, Chicago. 2014. Disponível em: <https://www.law.uchicago.edu>

POTTS, J.; LYNCH, M.; WILKINGS, A.; HUPPÉ, G.; CUNNINGHAM, M.; VOORA, V. **The State of Sustainability Initiatives Review 2014**. Winnipeg. 2014. Disponível em: <www.iisd.org>.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. De. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013. Disponível em: <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book Metodologia do Trabalho Cientifico.pdf>

QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. Van. **Manual de Investigação em Ciências Sociais**. 2. ed. Lisboa: Gradiva, 1998.

RABELLO, J. E. B. **Proposta de Uso de Barcaça Frontal Triangular para Fins de Diminuição de Arrasto de Proas de Comboios da Navegação Interior , e a Possibilidade de Frenagem Auxiliada Pela Proa**. ANTAQ, [s. l.], p. 1–6, Brasil. 2014. Disponível em: <http://web.antaq.gov.br/portalv3/pdf/Artigos/20141209_Artigo_Jose_Rabello.pdf>

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **AFRMM - Adicional ao Frete para Renovação da Marinha Mercante.** Brasil, 2015. p. 3. Disponível em: <http://receita.economia.gov.br/acesso-rapido/tributos/afrmm>

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. **Instrução Normativa RFB nº 1700**, de 14 de março de 2017. Brasil, 2017. p. 176. Disponível em: <http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?idAto=81268&visao=compilado>

ROCHA, P. C.; SANTOS, A. A. Dos. **Análise Hidrológica Em Bacias Hidrográficas**. Mercator, [s. l.], v. 17, p. 1–18, Fortaleza. 2018. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/330311739_HYDROLOGICAL_ANALYSIS_IN_WATER_BASINS>

RODRIGUE, J.-P.; COMTOIS, C.; SLACK, B. **The Geography of Transport Systems**. 4. ed. Oxon: Routledge, 2017. Disponível em: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=I-Aq2pXOjnIC&pgis=1>

RODRIGUES, J. C. O **Arco Norte e as políticas públicas portuárias para o Oeste do estado do Pará (Itaituba e Rurópolis): apresentação, debate e articulações**. Revista Nera, [s. l.], v. 0, n. 42, p. 202–228, Fortaleza. 2018.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional**. 5. ed. São Paulo: Aduaneiras, 2014. Disponível em: <www.aduaneiras.com.br>

RODRIGUES, R. A.; LEMGRUBER, T. **Projeto de Sistemas Oceânicos 2**. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em: <http://www1.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2008/Ricardo_Thiago/relat1/Relat1rev02.htm>.

RUMO. **Relatório Sustentabilidade 2017**. Curitiba. 2017. Disponível em: <http://pt.rumolog.com>.

RUMO. **Volume RI Consolidado-2018**, Rumo S.A., Curitiba. 2018. Disponível em: <http://ri.rumolog.com/ptb/fundamentos-e-planilhas>

SALIN, D. **Soybean Transportation Guide: Brazil**. Washington. 2014. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Soybean Transportation Guide Brazil 2013.pdf>.

SALIN, D.; SOMWARU, A. **The Impact of Infrastructure and Transportation Costs on U.S. Soybean Market Share: An Updated Analysis from 1992-2017**. Washington. 2018. Disponível em: <www.ams.usa.gov>.

SILVA, J. C. B. Da. **Entrevista qualitativa não estruturada**. TCLE/UFAM, Manaus. 2020.

THADANI, R. M.; ROCHA, A. C. B. **A produção de soja NGM pode ser uma estratégia vantajosa para o produtor Brasileiro?** In: 1. ed. Belo Horizonte: Organização Editora Poisson, 2019. v. 19p. 180–192.

U.S. GRAINS COUNCIL. **Converting Grain Units**. Washington. 2018. Disponível em: <https://grains.org/markets-tools-data/tools/converting-grain-units/>. Acesso em: 2 fev. 2020.

UFPR/ITTI. **Estudo da prática regulatória, vantagens competitivas e ofertas e demanda de carga entre os países signatários do acordo da Hidrovía Paraguai-Paraná**. Curitiba. 2017.

UNCTAD. **An International Classification of Ships by Type - Revised 1994 (ICST(94))**: ICST. Geneva. 1994.

UNITED NATIONS. **World Population Prospects**. New York. 2017. Disponível em: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/wpp2017_keyfindings.pdf>.

USCG. **Waterways Action Plan: Mississippi River and Tributaries - Lower Mississippi River**. Washington, DC. 2018.

USDA-AMS. **A Reliable Waterway System is Important to Agriculture**. Washington, DC. 2017. Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Importance of Waterways 02-2017.pdf>.

USDA. **GTR - Grain Transportation Report.** March. Washington. 2018a. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.9752/TS056.03-29-2018>.

USDA. **Charts and Maps - Soybeans: Production by County**. Washington. 2018b. Disponível em: <https://www.nass.usda.gov/Charts_and_Maps/Crops_County/sb-pr.php>. Acesso em: 13 out. 2018.

USDA. Crop Production Historical Track Records (April 2018). **Crop Production Historical Track Records National Agricultural Statistics Service**, [s. l.], n. April, p. 240, Washington. 2018c. Disponível em: <http://usda.mannlib.cornell.edu/usda/current/htrcp/htrcp-04-12-2018.pdf>

USDA. **Oilseeds: World Markets and Trade**. Washington. 2019a. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>.

USDA. **Grain Transportation Report**, Washington. 2019b.

USDA. **Oilseeds: World Markets and Trade**. Washington. 2020. Disponível em: <http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdDataPublications.aspx>.

USDOT. **Freight Facts and Figures 2017**. Washington. 2018. Disponível em: <https://www.bts.gov/sites/bts.dot.gov/files/docs/FFF_2017_Full_June2018revision.pdf>.

VOLGA-DNEPER. **Company Profile**. Moscow. 2019. Disponível em: <https://airline.volga-dnepr.com/en/company/company-profile/>. Acesso em: 21 maio. 2019.

WATKINS, T. **An Introduction to Cost Benefit Analysis**. San Jose. 2010. Disponível em: <https://www.sjsu.edu/faculty/watkins/cba.htm>. Acesso em: 16 ago. 2018.

WORLD BANK. **Southern Cone Inland Waterways Transportation StudyReport 54900 - LAC**. Washington. 2010. Disponível em <http://documents1.worldbank.org/curated/pt/899101468091487396/pdf/549000ESW0WHIT1a0Report010NewFinal.pdf>.

WWF. **The Growth of Soy: Impacts and SolutionsWWF Report**. Gland. 2014. Disponível em: <http://issuu.com/wwfsoyreport/docs/ wwf_soy_report_final_jan_19/1?e=10667775/6569194>.

YACHT CLUB DE ILHABELA. **Combustíveis Yacht Club de Ilhabela**. Ilhabela. 2020. Disponível em: <https://www.yci.com.br/servicos/combustiveis/>. Acesso em: 24 jul. 2020.

ANEXOS

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - JOSÉ CLÁUDIO BRAGA DA SILVA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **Modelo de custos de transporte fluvial de soja entre Miritituba e os portos exportadores do Arco Norte**, cujo pesquisador responsável é **Ramesh Mohan Thadani.** Os objetivos do projeto são de **Propor um modelo matemático para simulação de sistemas de eventos discretos dos recursos de transporte fluvial, permitindo identificar custos da logística do sistema de transporte fluvial de soja em grãos, tendo como origem Miritituba, no Rio Tapajós, e destino os portos fluviais exportadores do Arco Norte que permite a seleção de rotas e identificação dos respectivos custos**. O Sr. está sendo convidado para contribuir devido à sua experiência prática e conhecimentos específicos relacionados ao tema do projeto, que poderão auxiliar de forma significativa e contribuir de forma relevante ao projeto.

O Sr. tem de plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o tratamento que recebe neste serviço, a ser realizado em Manaus.

Caso aceite participar sua participação consiste em indicar, com base em sua experiência prática nos assuntos, onde obter dados e informações do objetivo do projeto, e contribuir no entendimento das características e peculiaridades da operação de transporte fluvial de soja a granel nas hidrovias da Amazônia, e seus componentes de investimentos e custos, e posterior contribuição e validação dos resultados na análise, discussão e conclusão do projeto. Todas as informações obtidas terão asseguradas os preceitos de confidencialidade e privacidade, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou empresas, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Rubricas _____ (Participante)

_____ (Pesquisador)

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos aos participantes. Nesta pesquisa os riscos para o Sr. são inerentes à divulgação de dados confidenciais e/ou privados, e serão mitigados ao suprimir quaisquer referências que possam colocar em risco a privacidade e/ou confidencialidade de qualquer fonte de informações ou dados.

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: contribuir de forma significativa e relevante ao processo acadêmico, e na publicação de um projeto que pode contribuir para tornar a logística do agronegócio mais conhecida e competitiva, ajudando o país a escoar e exportar por meio de um transporte com menor impactos ambientais e que ajudará a impulsionar a economia em uma região menos favorecida economicamente.

Se julgar necessário, o Sr. dispõe de tempo para que possa refletir sobre sua participação, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida.

Garantimos ao Sr., e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento monetário das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente.

Também estão assegurados ao Sr. o direito a pedir indenizações e a cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

Asseguramos ao Sr. o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo ao participante, pelo tempo que for necessário.

Garantimos ao Sr. a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

O Sr. pode entrar com contato com o pesquisador responsável **Ramesh Mohan Thadani** a qualquer tempo para informação adicional no endereço PPGEP, Faculdade de Tecnologia, Av. Gen. Rodrigo Octávio 6200, Coroado I, Manaus - Amazonas, CEP 69080-900; Tel. (92) 99128-9384 e e-mail: secretariappgep@ufam.edu.br.

Rubricas _____ (Participante)

_____ (Pesquisador)

O Sr. também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (CEP/UFAM) e com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando pertinente. O CEP/UFAM fica na Escola de Enfermagem de Manaus (EEM/UFAM) - Sala 07, Rua Teresina, 495 – Adrianópolis – Manaus – AM, Fone: (92) 3305-1181 Ramal 2004, E-mail: cep@ufam.edu.br. O CEP/UFAM é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Este documento (TCLE) será elaborado em duas VIAS, que serão rubricadas em todas as suas páginas, exceto a com as assinaturas, e assinadas ao seu término pelo Sr., ou por seu representante legal, e pelo pesquisador responsável, ficando uma via com cada um.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

Manaus, AM, 10/02/2020

José Cláudio Braga da Silva

José Cláudio Braga da Silva
ENG° NAVAL
CREA - 8342 D AM

IMPRESSÃO DACTILOSCÓPICA

Ramesh Mohan Thadani

ANEXO B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) - LUIZ ANTÔNIO PAGOT

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr. está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa **Modelo de custos de transporte fluvial de soja entre Miritituba e os portos exportadores do Arco Norte,** cujo pesquisador responsável é **Ramesh Mohan Thadani.** Os objetivos do projeto são de **Propor um modelo matemático para simulação de sistemas de eventos discretos dos recursos de transporte fluvial, permitindo identificar custos da logística do sistema de transporte fluvial de soja em grãos, tendo como origem Miritituba, no Rio Tapajós, e destino os portos fluviais exportadores do Arco Norte que permite a seleção de rotas e identificação dos respectivos custos**. O Sr. está sendo convidado para contribuir devido à sua experiência prática e conhecimentos específicos relacionados ao tema do projeto, que poderão auxiliar de forma significativa e contribuir de forma relevante ao projeto.

O Sr. tem de plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o tratamento que recebe neste serviço, a ser realizado em Manaus.

Caso aceite participar sua participação consiste em indicar, com base em sua experiência prática nos assuntos, onde obter dados e informações do objetivo do projeto, e contribuir no entendimento das características e peculiaridades da operação de transporte fluvial de soja a granel nas hidrovias da Amazônia, e seus componentes de investimentos e custos, e posterior contribuição e validação dos resultados na análise, discussão e conclusão do projeto. Todas as informações obtidas terão asseguradas os preceitos de confidencialidade e privacidade, garantindo a não utilização das informações em prejuízo das pessoas e/ou empresas, inclusive em termos de autoestima, de prestígio e/ou de aspectos econômico-financeiros.

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos aos participantes. Nesta pesquisa os riscos para o Sr. são inerentes à divulgação de dados confidenciais e/ou privados, e serão mitigados ao suprimir quaisquer referências que possam colocar em risco a privacidade e/ou confidencialidade de qualquer fonte de informações ou dados.

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: contribuir de forma significativa e relevante ao processo acadêmico, e na publicação de um projeto que pode contribuir para tornar a logística do agronegócio mais conhecida e competitiva, ajudando o país a escoar e exportar por meio de um transporte com menor impactos ambientais e que ajudará a impulsionar a economia em uma região menos favorecida economicamente.

Se julgar necessário, o Sr. dispõe de tempo para que possa refletir sobre sua participação, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida.

Garantimos ao Sr., e seu acompanhante quando necessário, o ressarcimento monetário das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente.

Também estão assegurados ao Sr. o direito a pedir indenizações e a cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

Asseguramos ao Sr. o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo ao participante, pelo tempo que for necessário.

Garantimos ao Sr. a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

O Sr. pode entrar com contato com o pesquisador responsável **Ramesh Mohan Thadani** a qualquer tempo para informação adicional no endereço PPGEP, Faculdade de Tecnologia, Av. Gen. Rodrigo Octávio 6200, Coroado I, Manaus - Amazonas, CEP 69080-900; Tel. (92) 99128-9384 e e-mail: secretariappgep@ufam.edu.br.

O Sr. também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal do Amazonas (CEP/UFAM) e com a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), quando pertinente. O CEP/UFAM fica na Escola de Enfermagem de Manaus (EEM/UFAM) - Sala 07, Rua Teresina, 495 – Adrianópolis – Manaus – AM, Fone: (92) 3305-1181 Ramal 2004, E-mail: cep@ufam.edu.br. O CEP/UFAM é um colegiado multi e transdisciplinar, independente, criado para defender os interesses dos participantes da pesquisa em sua integridade e dignidade e para contribuir no desenvolvimento da pesquisa dentro de padrões éticos.

Este documento (TCLE) será elaborado em duas VIAS, que serão rubricadas em todas as suas páginas, exceto a com as assinaturas, e assinadas ao seu término pelo Sr., ou por seu representante legal, e pelo pesquisador responsável, ficando uma via com cada um.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

Manaus, AM, 10/02/2020

Luiz Antônio Pagot

IMPRESSÃO DACTILOSCÓPICA

Ramesh Mohan Thadani