UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

JOÃO FERREIRA NETTO

O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação

São Paulo

2017

JOÃO FERREIRA NETTO

O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação

Tese apresentada ao Departamento de
Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

São Paulo

2017

JOÃO FERREIRA NETTO

O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação

Versão Corrigida

(Versão original encontra-se na unidade que aloja o Programa de Pós-graduação)

Tese apresentada ao Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Engenharia Naval e Oceânica

Orientador: Prof. Dr. Rui Carlos Botter

São Paulo

2017

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catalogação-na-publicação

,
O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação / Volte e preencha o campo Autor -- versão corr. -- São Paulo, 2017.
286 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica.

1.Transportes 2.Sustentabilidade 3.Intermodalidade 4.Transporte hidroviário 5.Logística I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica II.t.

Nome: NETTO, João Ferreira

Título: O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação

Tese apresentada ao Departamento de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. _____

Instituição _____

Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____

Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____

Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____

Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição _____

Julgamento _____

À minha esposa, meus amados pais e irmãos, por sempre acreditarem que eu chegaria até aqui.

AGRADECIMENTOS

Passar por mais uma etapa da vida acadêmica não foi nada fácil, e como em todo e qualquer desafio que se preze, poder contar com apoio e auxílio é algo que sempre nos encaminha às soluções. Ciente de que não teria chegado aqui sem esse apoio e esse auxílio, trago aqui meus mais sinceros agradecimentos e menções, na esperança de que aqueles que me ajudaram saibam que serei eternamente grato.

Começo agradecendo a Deus! Me sinto privilegiado em contar com os dons a mim dados por Ele e por poder contar com sua força nos momentos em que as coisas parecem não caminhar tão bem. Agradeço ao Senhor pelas bênçãos e pela saúde que me permitiu perseverar nessa caminhada.

Ao professor, orientador e amigo, Prof. Dr. Rui Carlos Botter, pelas oportunidades que me deu ao longo dos últimos 10 anos de parceria, por todos os direcionamentos e ensinamentos que contribuíram muito para que mais uma etapa fosse alcançada. Agradeço também ao companheiro Prof. Dr. Delmo Alves de Moura, por toda a paciência e pelas conversas, discussões e dicas tão valiosas.

Agradeço minha família por todo o apoio que sempre me deram e por todo o suporte que buscaram me dar, não apenas durante a realização desta tese, mas por toda minha vida pessoal e acadêmica. Agradeço aos meus pais pelas batalhas do dia a dia que me permitiram construir uma base sólida. Agradeço meus irmãos por se espelharem em mim e me engrandecerem com a responsabilidade de ser um bom exemplo para eles. Amo vocês!

Um carinhoso agradecimento à minha querida e amada esposa! Por ser meu suporte nas horas de dificuldade, por entender as vezes em que precisei me ausentar em nome desta realização, por compartilhar comigo a confiança de que a qualificação profissional é uma das ferramentas que nos leva ao sucesso pessoal. Andrea, obrigado pelo companheirismo e pela paciência.

Aos amigos e companheiros do dia a dia no CILIP, pelas conversas, ideias, comilanças, caronas e pela amizade, que tornaram a rotina mais divertida durante os 4 anos de preparação para que essa tese fosse desenvolvida.

Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro através da bolsa de doutorado e ao CNPq por proporcionar que esta pesquisa pudesse contar com visitas, reuniões e workshops internacionais, todos de grande valia para o amadurecimento das ideias aqui transcritas.

Aos colegas professores da ESEG pelas conversas e, especialmente ao Prof. Dr. Antônio Carlos Tonini, que me ajudou a entender a importância de se aplicar de forma correta a metodologia de pesquisa.

Por fim, agradeço aos meus alunos e alunas da ESEG, que me proporcionaram sede de conhecimento desde que comecei a lecionar e que me enriquecem no dia a dia dentro e fora da sala de aula, me ensinando muito e fazendo com que o trabalho seja gratificante e recompensador. Obrigado, vocês são indispensáveis nesse processo!

Aos meus amigos e a todos que sempre torceram por mim: muito obrigado!

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida ”

Artigo 225 da Constituição Federal (BRASIL, 1988)

RESUMO

NETTO, João Ferreira. **O conceito de corredores verdes de transportes de mercadorias e uma aplicação no transporte de soja para exportação**. 2017. 286 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Muitas políticas públicas têm buscado minimizar os efeitos que atividades de transporte causam ao meio ambiente e à sociedade. Uma dessas políticas remete ao surgimento dos corredores verdes de transporte de cargas, originalmente concebidos na Europa. Inicialmente, propõe-se uma definição de corredores verdes para que se avalie o transporte de mercadorias no Brasil a partir da definição obtida e seja selecionado um caso de transporte de mercadorias no Brasil para avaliação de acordo com o que se propõe em experiências internacionais, incluindo a aplicação de tecnologias para obtenção de tais corredores. Desenvolve-se, portanto, um estudo de caso aplicado a corredores de transporte de soja produzida no Mato Grosso para exportação, de forma que se considere os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, e a intermodalidade. São utilizados indicadores de desempenho para análise e verificadas as características e diferenças entre os corredores. Tecnologias que visam aumentar a sustentabilidade em um corredor são testadas e formas de tornar um corredor brasileiro de transporte de soja em um corredor verde são sugeridas. Observa-se que corredores que utilizam o modal hidroviário tendem a apresentar melhor desempenho econômico e ambiental, sugerindo que a alternativa para “verdificação” de corredores de transportes no Brasil é a utilização dos rios. Verifica-se também que substituir combustíveis utilizados pode reduzir em até 90% a emissão de gases do efeito estufa e que investir em terminais intermodais leva eficiência às operações deixando margem para investimentos em tecnologias sustentáveis. Conclui-se, ainda, que corredores que utilizam hidrovias possuem elevado potencial de melhoria em função da quantidade de tecnologias e melhorias propostas.

Palavras-chave: Transportes, corredores, sustentabilidade, intermodalidade, logística.

ABSTRACT

NETTO, João Ferreira. **The concept of green corridors for freight transport and an application in the transport of soybeans for export**. 2017. 286 p. Thesis (Doctorate in Engineering) – Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Naval, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Many public policies aim to minimize the effects that transport activities cause to the environment and society. One such policy refers to the conception of green corridors originally designed in Europe. An initial objective of this thesis is conceptualizing a green corridor to freight in Brazil and, from the definition obtained, select cases of freight transport for evaluation according to what is proposed in international experiences, including the application of technologies to obtain green corridors. In order to achieve the objective a case study is developed for freight corridors of soybean produced in Mato Grosso for export so as to consider road, rail, waterways and intermodality. KPI's are considered on case analysis and to verify the characteristics and differences between the corridors. Technologies that aim to increase sustainability in a corridor are tested and ways to turn a Brazilian soybean corridor into a green corridor are suggested. The corridors that consider waterways tend to present better economic and environmental performance, suggesting that the alternative for "greening" of transportation corridors in Brazil is the use of rivers. It also has observed that replacing fuels could reduce greenhouse gas emissions by up to 90% and that investing in intermodal terminals brings efficiency to operations leaving margin for investments in sustainable technologies. It can also be concluded that the corridors present high potential for improvement when consider waterways due to the number of technologies and improvements proposed to this mode of transportation.

Keywords: Transportation, corridors, sustainability, intermodality, logistics.

Lista de Figuras

Figura 1.1 - Localização dos principais centros produtores de soja no Brasil durante o período da safra 2015/2016 ..... **26**
Figura 1.2 - Distribuição modal da matriz de transportes no Brasil para o ano de 2011 (considerando ou não a produção de minério de ferro) **28**
Figura 2.1 - Representação de um corredor como rede de transportes..... **35**
Figura 2.2 - Evolução da quantidade de trabalhos e pesquisas acadêmicas que consideram a sustentabilidade **41**
Figura 2.3 - Os três pilares do conceito de sustentabilidade e o relacionamento entre eles **43**
Figura 2.4 - Os três pilares da sustentabilidade e suas intersecções **43**
Figura 2.5 - Quantidades de artigos revistos sobre Gerenciamento das Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (SSCM) e Gerenciamento das Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (GSCM) **47**
Figura 2.6 - Crescimento das emissões para cada atividade, em função das emissões que ocorreram em 1990 ..... **50**
Figura 2.7 - Pesos atribuídos pelos agentes intervenientes para custo, tempo e confiabilidade **63**
Figura 2.8 - Alternativas de transporte rodoviário e intermodal entre origem A e destino B **64**
Figura 2.9 - Efeitos do aumento de impostos para transporte rodoviário **65**
Figura 2.10 - Representação da Cabotagem "Rodovias do Mar" e premissas necessárias para desenvolvimento do setor..... **69**
Figura 2.11 - Relações entre os fatores de serviço e a cabotagem **70**
Figura 2.12 - Causas da ineficiência portuária..... **73**
Figura 3.1 - Relação entre três categorias de projetos dos corredores verdes e representação do ambiente legal **101**
Figura 3.2 - Ilustração do trajeto percorrido no corredor STRING.....**102**
Figura 3.3 - Pontos adicionais para a concepção de um corredor verde **104**
Figura 3.4 - Logotipo do projeto SuperGreen **107**
Figura 4.1 - Processo de encaminhamento de pesquisa até escolha de metodologia **120**

Figura 4.2 - Vantagens da combinação de abordagens quantitativa e qualitativa **123**
Figura 4.3 - Desenvolvimento da construção do referencial teórico da pesquisa **129**
Figura 5.1 - Volumes de soja exportados pelo Brasil entre 2012 e 2016 (milhões de t).....**135**
Figura 5.2 - Volumes (milhões de t) de soja exportada entre 2012 e 2016 de acordo com os portos e estados produtores.....**139**
Figura 5.3 - Corredor de transporte ferroviário até o Porto de Paranaguá.....**143**
Figura 5.4 - Corredor de transporte ferroviário até o Porto de São Francisco do Sul.....**144**
Figura 5.5 - Corredor de transporte ferroviário até o Porto de Rio Grande **145**
Figura 5.6 - Municípios produtores de soja no Rio Grande do Sul.....**146**
Figura 5.7 - Quantidades de soja produzida no Mato Grosso, em milhões de toneladas, exportadas pelos principais portos de cada região entre 2012 e 2016 .....**149**
Figura 5.8 - Localização dos municípios de Sapezal e Sorriso, no Mato Grosso **150**
Figura 5.9 - Critérios adotados para seleção dos corredores considerados no estudo de caso.....**153**
Figura 5.10 - Localização e características do corredor Sorriso - Santos por trecho.....**155**
Figura 5.11 - Localização e características do corredor Sapezal - Santarém por trecho.....**157**
Figura 5.12 - Localização e características do corredor Sorriso - Paranaguá por trecho.....**159**
Figura 5.13 - Gráfico de análises dos fatores críticos observados nos portos brasileiros.....**178**
Figura 5.14 - Análise dos problemas existentes nos acessos rodoviários aos portos brasileiros.....**179**

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Pontos sensíveis da administração dos corredores de transportes **38**

Tabela 3.1 - Indicadores de desempenho observados como referência para o corredor de Brenner **112**

Tabela 3.2 - Indicadores de referência para seis corredores analisados no Projeto SuperGreen **113**

Tabela 3.3 - Classificação de tecnologias de acordo com os modais de transportes **115**

Tabela 5.1 - Volumes de soja exportados, em milhões de toneladas, por UF, entre 2012 e 2016 .....**136**

Tabela 5.2 - Volumes de soja exportados (em milhões de t) pelos principais Estados (UF) anualmente entre 2012 e 2016.....**137**

Tabela 5.3 - Volumes de soja (em milhões de t) exportados por porto entre 2012 e 2016.....**138**

Tabela 5.4 - Volumes transportados desde o estado do Mato Grosso, de 2012 a 2016, para cada porto marítimo brasileiro **140**

Tabela 5.5 - Volumes transportados desde o estado do Rio Grande do Sul, de 2012 a 2016, para cada porto marítimo brasileiro **141**

Tabela 5.6 - Volumes transportados desde o estado do Paraná, de 2012 a 2016, para cada porto marítimo brasileiro **141**

Tabela 5.7 - Quantidade de soja produzida por município em 2015 .....**149**

Tabela 5.8 - Valores de pedágio, por toneladas, considerando destinos rodoviários nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo **164**

Tabela 5.9 - Notas de infraestruturas para segurança nas rodovias e outros modais considerados nos três corredores selecionados **170**

Tabela 5.10 - Emissões de gases, por modal, em função da quantidade transportada e distâncias percorridas.....**172**

Tabela 5.11 - Avaliação dos retroportos nos portos brasileiros.....**179**

Tabela 6.1 - Cálculo de custo absoluto para o corredor Sorriso-Santos **183**

Tabela 6.2 - Cálculos para estimativas de tempos de viagem pelo corredor Sorriso-Santos **185**
Tabela 6.3 - Cálculo de indicador de desempenho de segurança da carga para o corredor Sorriso-Santos **186**
Tabela 6.4 - Cálculo de indicadores para emissões dos gases de efeito estufa no corredor Sorriso-Santos **187**
Tabela 6.5 - Avaliação dos trechos rodoviários contemplados pelo corredor Sorriso-Santos **188**
Tabela 6.6 - Avaliação das ferrovias de acordo com os critérios estabelecidos pela CNT.....**189**
Tabela 6.7 - Avaliação da qualidade de infraestrutura das ferrovias utilizadas no corredor Sorriso-Santos **190**
Tabela 6.8 - Avaliação de extensão do corredor que cruza trechos urbanos para cálculo do KPI de reflexos sociais para o corredor Sorriso-Santos **191**
Tabela 6.9 - Cálculo de custo absoluto para o corredor Sapezal-Santarém...**193**
Tabela 6.10 - Cálculos para estimativas de tempos de viagem pelo corredor Sapezal-Santarém **194**
Tabela 6.11 - Cálculo de indicador de desempenho de segurança da carga para o corredor Sapezal-Santarém **195**
Tabela 6.12 - Cálculo de indicadores para emissões dos gases de efeito estufa no corredor Sapezal-Santarém **196**
Tabela 6.13 - Avaliação dos trechos rodoviários contemplados pelo corredor Sapezal-Santarém **197**
Tabela 6.14 - Avaliação de extensão do corredor que cruza trechos urbanos para cálculo do KPI de reflexos sociais para o corredor Sapezal-Santarém **199**
Tabela 6.15 - Cálculo de custo absoluto para o corredor Sorriso-Paranaguá **201**
Tabela 6.16 - Cálculos para estimativas de tempos de viagem pelo corredor Sapezal-Santarém **202**
Tabela 6.17 - Cálculo de indicador de desempenho de segurança da carga para o corredor Sorriso-Paranaguá.....**203**
Tabela 6.18 - Cálculo de indicadores para emissões dos gases de efeito estufa no corredor Sorriso-Paranaguá.....**204**

Tabela 6.19 - Avaliação dos trechos rodoviários contemplados pelo corredor Sorriso-Paranaguá **205**
Tabela 6.20 - Avaliação de extensão do corredor que cruza trechos urbanos para cálculo do KPI de reflexos sociais para o corredor Sorriso-Paranaguá **207**
Tabela 6.21 - Resumo comparativo dos indicadores de performance avaliados para os três corredores estudados **208**
Tabela 6.22 - Comparação KPI's Corredor Sapezal-Santarém com aplicação da melhoria EN21 .....**212**
Tabela 6.23 - Comparação KPI's para os três corredores com aplicação da melhoria FU08 & FU03.....**214**
Tabela 6.24 - Comparação KPI's para os três corredores com aplicação da melhoria HT28.....**215**
Tabela 6.25 - Comparação KPI's Corredor Sapezal-Santarém com aplicação da melhoria HT32_a.....**216**
Tabela 6.26 - Comparação KPI's para os três corredores com aplicação da melhoria HT34.....**217**
Tabela 6.27 - Comparação KPI's Corredor Sorriso-Santos com aplicação das melhorias LU13 & LU14 .....**218**
Tabela 6.28 - Comparação KPI's para os três corredores com aplicação da melhoria VE03.....**219**
Tabela 6.29 - Comparação KPI's para os três corredores com aplicação da melhoria VE29.....**221**
Tabela 6.30 - Comparação KPI's para os três corredores com aplicação da melhoria VE33.....**222**
Tabela 6.31 - Comparação KPI's Corredor Sapezal-Santarém com aplicação da melhoria NA16 .....**223**
Tabela 6.32 - Comparação KPI's Corredor Sorriso-Santos com aplicação da melhoria BP13.....**224**
Tabela 6.33 - Melhorias acumuladas nos indicadores de desempenho influenciados pelas tecnologias selecionadas para aplicação no corredor Sorriso-Santos **227**
Tabela 6.34 - Impacto das melhorias obtidas com as tecnologias para o corredor Sorriso-Santos **227**

Tabela 6.35 - Melhorias acumuladas nos indicadores de desempenho influenciados pelas tecnologias selecionadas para aplicação no corredor Sapezal-Santarém **230**
Tabela 6.36 - Impacto das melhorias obtidas com as tecnologias para o corredor Sapezal-Santarém **231**
Tabela 6.37 - Melhorias acumuladas nos indicadores de desempenho influenciados pelas tecnologias selecionadas para aplicação no corredor Sorriso-Paranaguá **233**
Tabela 6.38 - Impacto das melhorias obtidas com as tecnologias para o corredor Sorriso-Paranaguá **234**

Lista de Quadros

Quadro 2.1 - Possíveis intercambialidades entre modais **55**
Quadro 2.2 - Impactos nocivos causados pelos principais gases do efeito estufa **75**
Quadro 2.3 - Efeitos de variáveis do ambiente político e regulador no ambiente de negócios..... **94**
Quadro 2.4 - Efeitos de variáveis do ambiente político e regulador nas políticas públicas..... **95**
Quadro 3.1 - Atribuições dadas no âmbito do Projeto SuperGreen **108**
Quadro 3.2 - Tarefas para estabelecimento de indicadores de desempenho referência nos corredores verdes **110**
Quadro 3.3 - Modificações mais efetivas para os principais indicadores de desempenho dos corredores verdes **111**
Quadro 3.4 – Análise de como os autores estudados descrevem e se referem aos corredores verdes e suas principais características e pré-requisitos.....**117**
Quadro 4.1 - Relação entre as metodologias passíveis de utilização em pesquisas de gestão de processos e características da pesquisa **124**
Quadro 4.2 - Etapas para condução de um estudo de caso proposto por Miguel et al. (2012) **127**
Quadro 5.1 - Alternativas modais existentes no estado do Mato Grosso.....**152**
Quadro 5.2 - Consolidação dos indicadores de desempenho utilizados **181**
Quadro 7.1 - Tecnologias selecionadas como melhoria para os três corredores avaliados.....**239**

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 22

1.1. Motivação do Estudo 23

1.2. Objetivos do Estudo 29

1.3. Etapas do Estudo 30

1.4. Delineamento do Estudo 31

2. REVISÃO DA LITERATURA 33

2.1. Corredores de transportes 33

2.2. Transportes e Sustentabilidade 39

2.2.1. Sustentabilidade nas cadeias de suprimentos 45

2.2.2. Transportes sustentáveis 48

2.2.3. Emissões de gases do efeito estufa (*Greenhouse Gas* – GHG) 74

2.2.4. As emissões no modal aquaviário 78

2.2.5. Técnicas e tecnologias sustentáveis 84

2.3. Ambiente Regulatório 87

3. CORREDORES VERDES 98

3.1. Uma visão geral dos corredores verdes 98

3.2. O Projeto *SuperGreen* 106

3.2.1. *Benchmark* de corredores verdes 108

3.2.2. Tecnologias sustentáveis e inovação 114

3.3.3. Uso de tecnologia de informação 115

3.3. Conceituando um corredor verde 116

4. METODOLOGIA APLICADA 120

4.1. Método do estudo de caso 125

4.1.1. Definição da estrutura conceitual teórica 128

4.1.2. Escolha e planejamento do caso a ser estudado 130

4.1.3. Roteiro de Pesquisa 131

5. SELEÇÃO DE CORREDORES E APRESENTAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA ESTUDO DE CASO 134

5.1. Escolha das Rotas de Escoamento da Soja 134

5.1.1. O Contexto da Soja no Brasil 135

5.1.2. A soja no Mato Grosso 147

5.1.3. Escolha das rotas 153

5.2. Os Indicadores de Performance (*KPI's*) 160

5.2.1. Indicador "Eficácia" 161

5.2.2. Indicador "Qualidade do Serviço" 165

5.2.3. Indicador "Sustentabilidade ambiental" 171

5.2.4. Indicador "Suficiência de infraestrutura" 173

5.2.5. Indicador "Reflexos sociais" 180

5.2.6. Consolidação dos indicadores selecionados 181

6. ESTUDO DE CASO: CORREDORES DE TRANSPORTE DE SOJA NO BRASIL 182

6.1. Análise dos Corredores Selecionados (*KPI's "as is"*) 182

6.1.1. Análise do Corredor Sorriso - Santos 182

6.1.2. Análise do Corredor Sapezal-Santarém 191

6.1.3. Análise do Corredor Sorriso - Paranaguá 200

6.1.4. Análise comparativa dos corredores 208

6.2. Estudo de caso: análise de transformação das rotas selecionadas em corredores verdes 210

6.2.1. Tecnologias "verdes" 210

6.2.2. Escolha de tecnologias para os corredores estudados 224

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 235

7.1. Principais resultados 237

7.2. Limitações do estudo 241

7.2.1. Limitações da escolha dos corredores.....241

7.2.2. Limitações da análise dos corredores.....242

7.2.3. Limitações da análise de transformação dos corredores 243

7.3. Sugestões e recomendações.....243

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....245

ANEXO A – Tecnologias propostas pelo Projeto *SuperGreen* 263

ANEXO B – *Benchmarks* estabelecidos por Moyano et al. no Projeto *SuperGreen* 276

ANEXO C – Municípios produtores de soja no Paraná 279

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda o transporte de mercadorias no Brasil, através de suas características operacionais, no âmbito da busca por atividades e sistemas logísticos mais sustentáveis, propondo afinal a concepção de **corredores verdes** de cargas no país.

A cor verde remete à proteção do meio ambiente devido ao fato de ser a cor predominante em florestas, organismos vivos que absorvem grandes quantidades de gás carbônico (CO_2, um dos gases causadores do efeito estufa) da atmosfera, e ainda em plantações de insumos para a fabricação de biocombustíveis, como a cana-de-açúcar, uma estratégia adotada para reduzir as emissões de gases do efeito estufa (MIRANDA, 2007 apud SULAIMAN, 2011).

O termo “Corredores Verdes”, de acordo com Psaraftis e Panagakos (2012), surgiu em 2007, a partir de uma ação do “Plano de Ação em Logísticas e Transportes” da Comissão das Comunidades Europeias. Segundo os autores, ao estabelecer as operações de um corredor verde, buscava-se o desenvolvimento integrado, eficiente e ambientalmente responsável do transporte de mercadorias entre terminais de grande porte, localizados distantes um do outro.

Psaraftis e Panagakos (2012), entretanto, destacam a falta de uma definição para o termo e apresentam o *SuperGreen*, projeto realizado no continente europeu para o desenvolvimento de estratégias e referências, definidas através de medidas de desempenho, a serem consideradas como base para uma conceituação do termo “corredores verdes”. Destaca-se o desafio que as indústrias enfrentam para equilibrar suas possibilidades de expansão à necessidade de promover a sustentabilidade ambiental e eficiência energética.

Da mesma forma, no Brasil, o transporte de mercadorias por longas distâncias é uma atividade importante para o desenvolvimento nacional, uma vez que o país é um grande exportador de *commodities* e concentra os centros produtores em regiões específicas. Sendo assim, surge um desafio: tornar essas operações de

transportes mais sustentáveis através da conceituação e aplicação de métodos utilizados nos corredores europeus.

Fozza e Recagno (2012) alertam para o fato de que para que um corredor de transportes possa ter operações mais sustentáveis e responsáveis ambientalmente, devem ser realizados investimentos em tecnologias e inovação, e isso culmina na necessidade de se avaliar de forma embasada as possibilidades disponíveis, possibilitando uma seleção de métodos eficiente e eficaz. Porém, neste trabalho, os processos de transporte realizados nos corredores são analisados da forma com a qual acontecem atualmente, considerando a infraestrutura, os veículos e demais recursos existentes, sem levar em consideração, neste momento da análise, investimentos na área de tecnologia e inovação, mas apresentando também as possibilidades de melhorias obtidas com eventuais aplicações tecnológicas.

Neste capítulo de introdução, apresenta-se a temática abordada, sua relevância e estabelece-se quais objetivos devem ser alcançados ao final da pesquisa. Por fim, o delineamento do estudo mostra de que forma pretende-se alcançar os resultados esperados.

1.1. Motivação do Estudo

Muitos são os autores e estudos que descrevem a grande influência que a tecnologia e o advento de meios de transportes e comunicações mais eficientes exercem no processo de globalização e na expansão das relações comerciais entre as empresas ao redor de todo o mundo. Para Teixeira (2011), tal evolução tecnológica possibilitou aumento nos fluxos de informações e materiais, o que beneficiou as atividades comerciais entre nações geograficamente distantes e o desenvolvimento do transporte marítimo de mercadorias.

Segundo Ballou (2006), a eficácia dos sistemas logísticos atuais levou à expansão do comércio mundial, uma vez que possibilitou que se aproveitasse o fato de haver diferenças entre as características e pessoas que vivem em diferentes lugares e regiões. O autor afirma ainda que uma consequência disso

foi a especialização de determinadas regiões em produzir determinadas *commodities* e obter vantagem econômica com o envio destas mercadorias a locais onde as mesmas não poderiam ser produzidas em abundância.

De acordo com Bergqvist e Egels-Zandén (2012), um dos resultados desse processo de especialização e globalização da economia mundial é a crescente importância que acaba sendo dedicada à logística e ao transporte de mercadorias. Para os autores, alterações no ambiente econômico como a globalização, a padronização das linhas de produção, a urbanização e o aumento da competitividade reforçam essa tendência.

Eles ainda destacam o fato de que os setores produtivos e a logística chegaram a um consenso de que cada produto ou módulo deve ser produzido em regiões onde sua vantagem comparativa é maior, resultando em um maior enfoque na cadeia de suprimentos global e no aumento da especialização da economia em diversos locais, redefinindo as economias em muitos países.

Um dos exemplos desse processo de especialização pode ser encontrado na própria economia brasileira, focada em grande parte à exportação de *commodities* como o minério de ferro e grãos, para diversos países ao redor do mundo, especialmente para a Ásia. Tanto é verdade que, de acordo com Chade (2015), a queda nas vendas destes produtos, ou o chamado “fim do boom das *commodities*”, faz com que o país perca posições nos rankings de maiores exportadores do mundo, corroborando com o fato de que o Brasil é diretamente influenciado pelas consequências da globalização, expostas anteriormente, e tornou-se um importante elemento das cadeias de suprimento globais das mercadorias mencionadas. Além disso, no Brasil, grande parte da população se concentra nas regiões Sul e Sudeste, o que resulta na formação de centros consumidores mais robustos em tais locais e na necessidade de se transportar mercadorias entre os estados, uma vez que as indústrias e centros produtores nem sempre estão próximos dos seus clientes.

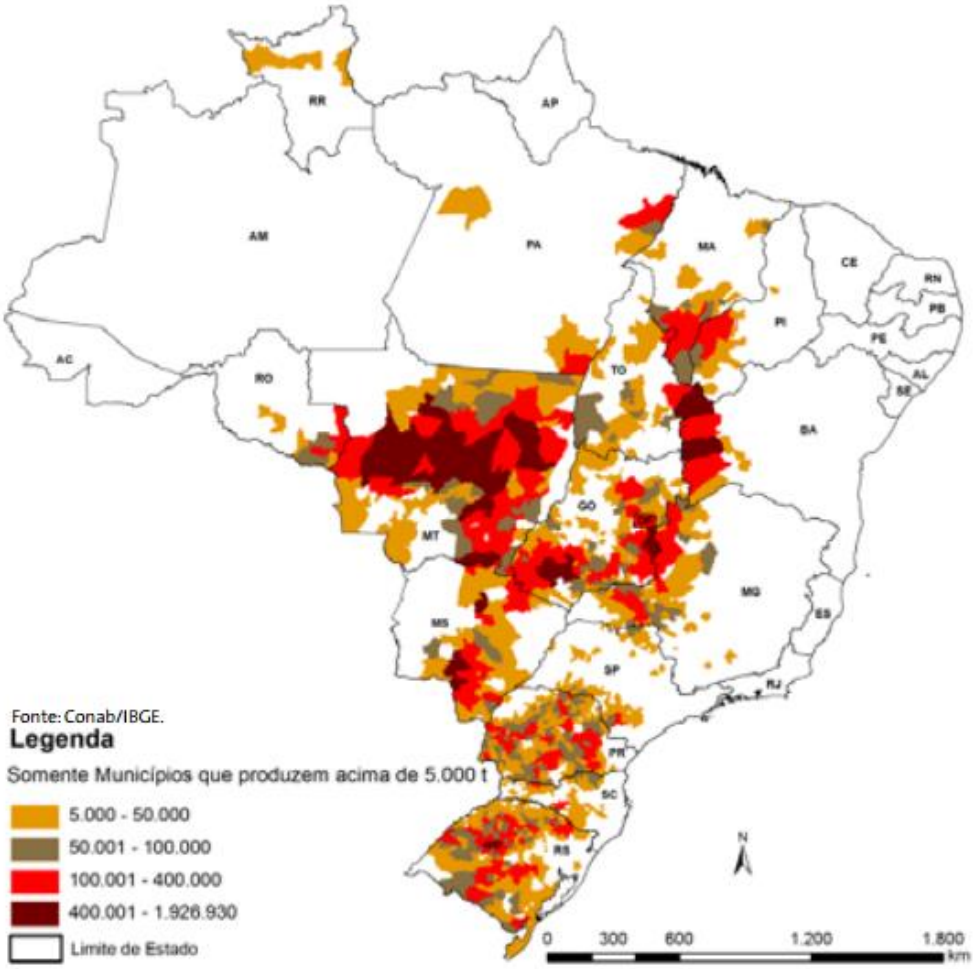
Os portos brasileiros desempenham um papel fundamental para garantir que o país continue a exportar e desenvolver seu comércio e relações comerciais com outras nações e também podem ser muito importantes para o desenvolvimento do comércio local ou nacional. Segundo Bergqvist e Egels-Zandén (2012), os

portos marítimos são essenciais às redes logísticas por servirem como pontos ou locais de transbordo, se transformando em elos importantes dentro das cadeias globais de abastecimento. Ying e Yijun (2011) consideram os portos uma parte importante do sistema de transportes de mercadorias, pois desempenham o papel de uma janela com abertura para o mundo, tendo influência direta no desenvolvimento da economia regional.

Como os portos marítimos incorporam e coordenam as atividades logísticas da hinterlândia por eles atendidas, as estratégias empregadas por estes influenciam nas decisões tomadas pelos prestadores de serviço em logística, em âmbito local e global (Bergqvist e Egels-Zandén, 2012). Os mesmos autores definem hinterlândia como sendo o mercado ou região geoeconômica na qual um porto vende seus serviços e operações.

Para produtos cujos meios de produção encontram-se em locais distantes de um porto marítimo ou de seus centros consumidores, a distribuição física para abastecimento de cadeias globais e locais deve se utilizar das atividades logísticas de transportes. De acordo com Valois (2014), “o transporte de cargas é uma atividade fundamental para a circulação de bens de um país”. No Brasil, os centros produtores das commodities citadas localizam-se, em sua maioria, em regiões distantes dos portos marítimos, no interior do país. A Figura 1.1 apresenta os locais onde houve produção de soja durante o período da safra 2015/2016, mostrando que o transporte interno (“*inland*”) deve ser utilizado para o escoamento destas mercadorias para exportação, ainda mais em se tratando de um país com dimensões continentais, como é o caso.

Figura 1.1 - Localização dos principais centros produtores de soja no Brasil durante o período da safra 2015/2016



Fonte: CONAB (2016)

Pode-se observar, portanto, que a economia brasileira depende diretamente da forma com que os produtos são transportados dos centros produtores até os portos marítimos, onde embarcam para seguir as viagens de exportação que garantem o bom desempenho da balança comercial, e da forma com que as mercadorias são movimentadas para atender à demanda de toda a população, mesmo as mais distantes dos locais de produção, o que requer um planejamento logístico eficiente. A partir disso, surge a necessidade de avaliar as características dos corredores de transporte no Brasil.

Tais corredores, de acordo com Prause (2014), o conceito de corredores de transporte é marcado por uma concentração do tráfego de mercadorias entre grandes centros e por distâncias relativamente longas de transporte, podendo caracterizar também fluxos aos quais se conectam *hubs*, formando um corredor entre *clusters*, com suas próprias ramificações.

Devido a esse papel fundamental que as atividades de transporte desempenham dentro das cadeias de suprimentos e como ferramenta essencial para o comércio globalizado, um aspecto importante passou a ser muito abordado nos últimos anos: a necessidade de se executarem operações de transportes de forma sustentável, com maior responsabilidade ambiental. Segundo van Lier e Macharis (2014), ao mesmo tempo em que geram grandes benefícios econômicos e sociais, os serviços de transporte também ocasionam custos externos significativos, como os prejuízos causados pelas emissões (alterações climáticas e poluição do ar), acidentes, ruídos, contaminação do solo, interferências no sistema ecológico, entre outros.

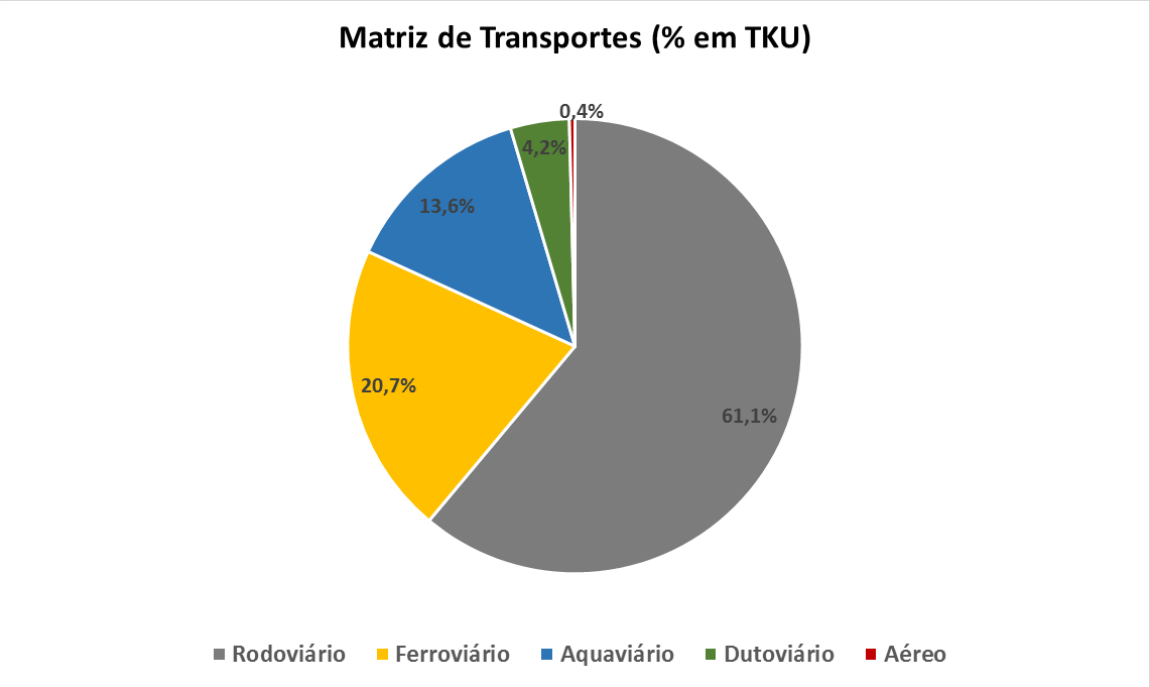
De acordo com Binsted et al. (2011), o transporte e, particularmente, o modal rodoviário, é uma das atividades humanas que mais contribuem com as mudanças climáticas. Para que a mitigação das mudanças climáticas se torne realidade, o transporte precisa, entre outras coisas, se descarbonizar, o que pode acontecer através de intervenções econômicas, regulatórias, de planejamento, de informações ou tecnológicas.

Sabe-se, portanto, que o transporte de mercadorias pode ser realizado com prejuízos ao meio ambiente e à sociedade como um todo e, por conta disso, muitos autores buscam alternativas para que tais atividades ocorram de maneira sustentável e ambientalmente responsáveis. Uma das alternativas é o desenvolvimento dos corredores verdes ("*Green Corridors*").

O Brasil é um país altamente dependente do transporte rodoviário para escoamento de suas produções, que atravessam longas distâncias entre os centros produtores e os centros consumidores e portos marítimos. Segundo o Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT, 2012), 52% das cargas produzidas no país são escoadas por rodovias. Se desconsiderado o transporte de minério de ferro, que ocorre substancialmente pelo modal ferroviário, esse

número sobe para 68%, como mostra a Figura 1.2. Deve haver um esforço no sentido de tornar as atividades de transportes mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis no Brasil, como já ocorre na Europa e em outros países, e o desenvolvimento de corredores verdes de mercadorias no país pode ser uma opção viável para que isso aconteça.

Figura 1.2 - Distribuição modal da matriz de transportes no Brasil para o ano de 2011 (considerando ou não a produção de minério de ferro)



Fonte: CNT (2013)

A implantação de corredores verdes de mercadorias no Brasil se justifica, pois, de acordo com o que conhece até então sobre o conceito, as tecnologias e metodologias que compõem um corredor de transportes de mercadoria desse tipo, fariam com que o transporte realizado para o escoamento das principais cargas produzidas no país pudesse ocorrer de maneira mais equilibrada e eficiente, tanto do ponto de vista ambiental quanto do operacional, transformando a logística em mais sustentável e econômica, colaborando também com o crescimento da economia brasileira.

1.2. Objetivos do Estudo

Na seção anterior, foram apresentadas algumas características do sistema de transporte de mercadorias no Brasil, como a distância considerável que separa os principais centros produtores dos centros consumidores e portos marítimos pelos quais as *commodities* são exportadas. Além disso, destacou-se a grande utilização do modal rodoviário em relação aos outros modais e o impacto que as atividades de transportes podem causar ao meio ambiente, principalmente no que se refere à emissão de poluentes atmosféricos e gases responsáveis pelo efeito estufa.

Apresentou-se, ainda, o conceito de corredores de transportes, de maneira mais específica os chamados “corredores verdes”, através dos quais se transportam cargas em longas distâncias, geralmente entre *hubs* logísticos, de forma sustentável e eficiente, uma estratégia que pode trazer vantagens econômicas e ambientais se implementada. Entretanto, verificou-se que não existem análises de corredores de transportes brasileiros sob o referencial dos corredores verdes e imagina-se que isso pode levar a alternativas para operações logísticas mais sustentáveis no Brasil.

Sendo assim, o principal objetivo a ser atingido com o desenvolvimento desta tese é a conceituação dos corredores verdes e a avaliação da aplicação de tecnologias para obtenção destes no transporte de mercadorias no Brasil. Para que este objetivo seja alcançado, é necessário também que se avalie corredores de transportes de mercadorias existentes no Brasil de acordo com as referências estabelecidas na literatura para as operações dos corredores verdes.

Tal estratégia leva à identificação das características mais impactantes na qualidade sustentável dos corredores brasileiros para posterior levantamento de ferramentas com potencial de levar estes corredores a melhores indicadores de desempenho.

Ao final desta pesquisa, devem ser respondidos os seguintes questionamentos:

- Os corredores de transporte de mercadorias brasileiros analisados têm potenciais para serem considerados corredores verdes de acordo com o que se estabelece como referência na literatura?
- De que forma podem ser realizadas intervenções para que se obtenham operações mais sustentáveis nos corredores de transporte analisados?
- Quais os principais fatores que limitam a sustentabilidade nas operações dos corredores de transporte de cargas no Brasil?

Para responder aos três questionamentos, é apresentado um estudo de caso aplicado a corredores específicos e relevantes, a partir do qual se verificam a aplicação do referencial dos corredores verdes e as alternativas existentes. Os casos selecionados para estudo passam por um processo de seleção para que as análises possam ser abrangentes e possibilitem a verificação dos pontos de criticidade na sustentabilidade das operações dos corredores brasileiros como um todo.

1.3. Etapas do Estudo

O estudo apresentado atingirá os objetivos estabelecidos a partir de algumas etapas a serem executadas, que são:

- Etapa 1: Revisão da literatura que aborda os assuntos correlacionados ao problema e ao objetivo da pesquisa em execução, para levantamento de informações, melhor entendimento das características do cenário logístico atual e avaliação de projetos em andamento em outros lugares;
- Etapa 2: Conceituação de um corredor verde de transportes de mercadorias a partir de análises e definições existentes. Esta etapa é importante para que se saiba exatamente ao que se refere quando se busca avaliar se um corredor de transportes é verde ou não;
- Etapa 3: Levantamento dos indicadores de desempenho considerados para avaliação dos corredores verdes e os valores adotados como referência na literatura para posterior análise, bem como de tecnologias

com potencial de melhoria dos *Key Performances Indicators – KPI's* (indicadores chave de desempenho) considerados;

- Etapa 4: Avaliação das atividades de transportes existentes no Brasil e suas características operacionais. Para realização desta etapa, serão analisados alguns dados públicos de movimentação de produtos, de modo que se obtenha a identificação dos centros produtores e dos principais portos utilizados para exportação e movimentação, possibilitando a caracterização geográfica de alguns fluxos e a seleção do caso estudado;
- Etapa 5: Análise de estudo de caso;
- Etapa 6: Baseadas nas análises construídas, conclusões e apresentação de respostas aos questionamentos propostos.

1.4. Delineamento do Estudo

O presente trabalho deverá ser composto por sete capítulos a serem apresentados, na sequência de apresentação, a seguir.

O Capítulo 1 apresenta a motivação que justifica a realização do estudo, os objetivos a serem alcançados e as etapas que deverão ser atendidas para que a pesquisa seja executada com sucesso.

No Capítulo 2 será apresentada e discutida a revisão bibliográfica acerca da temática abordada, bem como para assuntos considerados relacionados.

No Capítulo 3, objetiva-se definir o conceito de Corredores Verdes, apresentando suas características e suas aplicações de acordo com experiências internacionais (levantamento de referências e *KPI's*).

O Capítulo 4 apresentará a metodologia selecionada para a elaboração desta pesquisa, as justificativas desta escolha e uma descrição do encaminhamento da mesma.

Posteriormente, no Capítulo 5, será apresentada a escolha final dos casos a serem estudados para a análise bem como a descrição dos indicadores de desempenho (*KPI's*) a serem considerados.

No Capítulo 6, são apresentadas as análises de avaliação dos corredores estudados de acordo com as referências estabelecidas na literatura para os corredores verdes. É também neste capítulo que serão avaliados os impactos das inovações tecnológicas selecionadas nos corredores brasileiros.

Por fim, o Capítulo 7 apresentará as conclusões obtidas com o estudo, as respostas aos questionamentos levantados e as recomendações do autor para que novas pesquisas abordando a temática apresentada sejam realizadas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão bibliográfica pode ser considerada o alicerce para uma pesquisa acadêmica. Através dela os pesquisadores adquirem repertório e entendem o que cerca o problema de pesquisa, podendo, portanto, avaliar outras formas de abordagem do tema ou assuntos relacionados. Em outras palavras, é a partir da revisão bibliográfica que se investiga o estado da arte da temática apresentada, norteando o estudo em construção.

Tranfield, Denyer e Smart (2003) explicam que uma revisão bibliográfica é feita com dois propósitos: (1) mapear, consolidar e avaliar a estrutura intelectual de um campo identificado. Com base em tais ações, o preenchimento das lacunas de conhecimento e oportunidades para lidar com o problema são obtidos. (2) A lógica subjacente é a de desenvolver e expandir o corpo de conhecimento no campo estudado.

Neste capítulo, será apresentada a revisão bibliográfica para esta tese, realizada a partir da análise de pesquisas relacionadas ao transporte de cargas, à sustentabilidade (e emissões de gases poluentes) e aos conceitos referentes aos corredores de transportes.

2.1. Corredores de transportes

Para estudar os corredores verdes, é preciso que se entenda, em princípio, o que é e o que caracteriza um corredor de transportes.

Segundo Panagakos e Psaraftis (2011), é “um corredor que atravessa ao menos dois ou três países diferentes com uma distância maior que 500 quilômetros entre dois terminais”. Citam os corredores em uma realidade encontrada na Europa, onde distâncias maiores que 500 quilômetros frequentemente podem fazer com que se cruze mais de um país. Ao se tratar de um corredor no Brasil, esse pode ligar alguns Estados/Unidades da Federação (UF) ou regiões do território nacional, dadas as dimensões continentais do país. Priemus e Zonneveld (2003) conceituaram os corredores de transportes como conjuntos de

infraestruturas que conectam duas ou mais áreas urbanas, associando o termo também ao transporte de passageiros, não somente às mercadorias.

De acordo com esses autores, corredores de transportes muitas vezes resultam da concentração de população e de cinturões industriais lineares com recursos minerais ou solo fértil.

Bazaras et al. (2015) definem um corredor de transportes como sendo um “sistema concreto de transporte, em condições técnicas, organizacionais e legais de permitir o uso das redes consideradas”. Afirmam, ainda, para que haja o desenvolvimento de um corredor de transportes de importância internacional, deve-se aplicar uma abordagem multimodal, priorizando o desenvolvimento de infraestruturas, tecnologias e serviços.

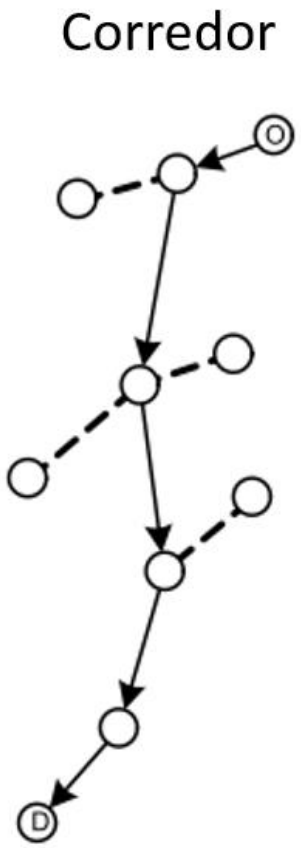
No decorrer da história, há uma longa tradição em se conceber infraestruturas urbanas que tomam a forma linear, ponderam Chapman et al. (2003) que também pesquisaram acerca dos corredores de transportes. Em sua pesquisa, realizaram entrevistas, com 14 especialistas do setor de transportes, que procuraram explorar o conceito de “megacorredor” - sua utilidade, aplicabilidade, definições e conceitos alternativos – e perguntou-se a cada entrevistado qual imagem associavam a um corredor, a partir de semelhanças espaciais ou físicas. Os entrevistados também foram convidados a descrever os critérios que usariam para demarcar o corredor, e a maioria deles descreveu pacotes físicos de infraestrutura como "espinhas", "tranças", ou um "esqueleto de elementos". Esses autores chegam à conclusão de que o conceito de corredores e suas desejáveis características de desempenho são razoavelmente claras quando a abordagem é do ponto de vista de arquitetura e urbanismo. Sua finalidade principal é ser um meio de acesso a uma variedade de locais, instalações ou atividades diferentes. Por outro lado, os corredores de desenvolvimento necessitam de intervenções, já que uma vasta gama de requisitos, como acessos ou terminais de transbordo, podem ou não ser aplicada ao mesmo corredor.

De acordo com Woxenius (2007), operacionalmente, o projeto de um corredor de transportes requer paradas muito curtas (rápidas) em terminais intermediários, a fim de manter um tempo razoável de transporte ao longo do

corredor completo. Se o tráfego nas capilaridades for muito lento, pode impactar no corredor e diversas vezes isso faz com que alguns nós deixem de ser atendidos naquela viagem. Alta frequência de viagens e folga na capacidade do corredor diminuem os problemas. Um desafio pontual para os operadores é equilibrar a capacidade de transporte e as receitas a partir de um nível eficaz e eficiente de serviço esperado.

Um corredor de transporte, associa Woxenius (2007), é como um sistema circulatório humano, no qual existe um fluxo de alta densidade ao longo de uma artéria e serviços capilares mais curtos para acessar os nós (locais) que não componham o corredor. Os nós são, portanto, hierarquicamente ordenados. A Figura 2.1, adaptada do autor, apresenta um corredor com os nós de origem (O) e destino (D) e sua interligação a outros nós da rede.

Figura 2.1 - Representação de um corredor como rede de transportes



Fonte: Woxenius (2007)

Chapman et al. (2003) afirmam ainda que um corredor oferece uma forma clara para reduzir as disparidades regionais, por exemplo através da distribuição de produtos e riquezas, existentes ao longo da sua extensão, e promover o desenvolvimento econômico e a proteção do meio ambiente.

Cabe destacar a importância que a integração entre os modais tem para o desenvolvimento de um corredor de transportes. Para Bak e Borkowski (2011), um corredor de transportes, bem como os ganhos com eficiência podem ser obtidos também em transportes multimodais, um exemplo disso são os transportes com navios *Ro-Ro* ou *Lo-Lo*, podendo ainda ser melhorados. A introdução de melhores serviços *Ro-Ro* requer novos tipos de embarcações capazes de transportar diretamente outros veículos rodoviários, inclusive trens, aumentando a eficiência do sistema e diminuindo os tempos de operações de carga e descarga.

Priemus e Zonneveld (2003 apud Woxenius, 2007) relatam que outra origem para o conceito de corredores vem da oferta de infraestruturas, em particular rios e canais, podendo também ser rodovias ou ramais ferroviários que, ao longo do tempo, têm fomentado o surgimento de aglomerados urbanos pela extensão da linha. Os autores relatam que os modais de transportes muitas vezes são mal integrados no espaço dos corredores, mas, Rodrigue (2004) identifica que a fragmentação decorrente da concorrência intramodal está sendo reduzida, fazendo com que os modais se complementem no decorrer de um corredor.

Conforme os autores, o desenvolvimento de um corredor depende da utilização de diferentes modais de transportes (rodoviário, ferroviário, aquaviário, aéreo). Priemus e Zonneveld (2003) chamam atenção ao fato de que o termo “corredor” pode ser utilizado também para definir infraestruturas de linhas de energia, tubulações para água potável, gás e petróleo e linhas de esgotos. Para Vajjhala et al. (2008), por exemplo, corredores se referem a linhas de transmissão elétrica.

Ainda segundo Priemus e Zonneveld (2003), o desenvolvimento de corredores ao longo do tempo refletiu os avanços tecnológicos em modais de transporte, e o legado da construção de diferentes variedades de infraestrutura. O foco

principal do seu trabalho é o transporte urbano de passageiros, através de um estudo de caso baseado em um exemplo holandês.

De acordo com Prause (2014), o Plano de Ação para a Logística do Transporte de Mercadorias (2007) desenvolvido pela Comissão de Transportes da União Europeia especifica o conceito de corredores de transporte, marcado por uma concentração do tráfego de mercadorias entre grandes centros e por distâncias relativamente longas de transporte. As indústrias localizadas ao longo desses corredores são incentivadas a confiar em comodalidade e a utilizar tecnologias avançadas, a fim de acomodar os grandes volumes de tráfego. O conceito de corredores de transportes pode ser utilizado também para definir fluxos nos quais se conectam os principais *hubs*[1], formando um corredor entre *clusters*[2], com ramificações próprias (Hunke e Prause, 2013; Prause e Hunke, 2014). Por sua vez, Engström (2011), compreende a partir do "Plano de Ação em Logísticas e Transportes de Mercadorias" que os corredores refletem um conceito de transporte integrado no qual cabotagem, ferrovias, hidrovias e rodovias se complementarão para permitir a escolha por um transporte mais sustentável, ou seja, mais uma vez se entende a necessidade de se considerar opções intermodais como ferramentas a serem utilizadas.

Bazaras et al. (2015) estabeleceram, ainda, sete pontos sensíveis para o gerenciamento dos corredores de transportes e avaliaram, através de consultas a especialistas, a importância de cada um desses pontos, com o objetivo de realizar uma análise multicritério que avalie alternativas para o transporte de mercadorias. A Tabela 2.1 apresenta os pontos significativos dessa avaliação, ordenados de acordo com a nota avaliada nas entrevistas realizadas.

---

[1] *Hubs* são instalações que funcionam como pontos de transbordo, consolidação e classificação de cargas e que servem como conexões indiretas que estabelecem em origens e destinos diretos de determinadas rotas (ALIBEYG, CONTRERAS e FERNÁNDEZ, 2016).

[2] *Clusters* são subconjuntos de dados agrupados de forma conveniente. Em transportes, os clusters representam conjuntos de pontos representados no espaço e considerado de forma uniforme em análises (KUDOVA, 2007).

Tabela 2.1 - Pontos sensíveis da administração dos corredores de transportes

Pontos sensíveis	Avaliação
Possibilidade de um único moderador na organização do processo de gestão	5,35
Diferenças na utilização dos equipamentos	6,06
Diferenças nos modelos de transportes e logística utilizados	6,56
Diferenças na legislação e regulação	7,11
Diferenças nos sistemas utilizados	7,29
Cooperação através do corredor de transportes do ponto de vista das empresas privadas	7,50
Cooperação através do corredor de transportes do ponto de vista governamental (municipalidades)	7,78

Fonte: Bazaras et al. (2015)

Finalmente, de acordo com o relatório final do Projeto “STRING Corridor”, criado na Comunidade Europeia para o desenvolvimento de um corredor sustentável entre Öresund, na Noruega, e Hamburgo, na Alemanha, um corredor de transporte pode ser definido como um tráfego de concentração de cargas (e passageiros) entre grandes polos ao longo de linhas principais e com distâncias relativamente longas de transporte. Para criar ou aumentar a performance em um corredor, os recursos adequados precisam estar disponíveis - infraestrutura e sistemas de transporte -, assim como deve haver demanda suficiente de deslocamento dentro de determinada área.

Ainda de acordo com o relatório final do Projeto, um corredor de transporte apresenta um nível político e um institucional, que devem interagir para direcionar o seu desenvolvimento, e, a partir dessa interação, sejam determinados o planejamento e a implementação de infraestruturas, como estradas e ferrovias, bem como aconteça a coordenação e a regulação do tráfego e dos fluxos de transportes diários. Por fim, é necessário, também, que se defina um quadro geral de regulação e tributação para o corredor. As autoridades e o governo têm papel fundamental para o desenvolvimento dos corredores, pois fornecem orientação à inovação e preparação de mão de obra.

Michalk e Meimbresse (2011) também destacam o papel que a acessibilidade tem no sistema, podendo ser entendida como a possibilidade de se alcançar locais potenciais para a realização de ações comerciais ou privadas ou como uma medida de separação das atividades humanas. Seu estudo apresenta uma avaliação das localizações dos nós intermodais que fazem parte de determinado corredor (SCANDRIA) e a sua conectividade à área atendida pelo mesmo.

Por fim, destaca-se a importância de se avaliar um corredor de transportes de acordo com os índices de desempenho, *KPI's*, adequados. Segundo Panagakos e Psaraftis (2011), os *KPI's* são importantes para monitorar os aspectos ambientais, técnicos, econômicos, sociais e de planejamento espacial.

Os Corredores Verdes serão melhor detalhados em capítulo a seguir.

2.2. Transportes e Sustentabilidade

Nas últimas décadas, segundo Fleischer (2011), o termo meio ambiente passou de algo desprezado a algo com relevância e influência nas tomadas de decisão por diversos setores da sociedade, incluindo grupos privados e poder público. Um dos motivos pelos quais existe uma tendência de que as atividades humanas protejam de maneira mais assertiva o meio ambiente são as propagadas mudanças que ocorrem no clima da Terra nas últimas décadas. Para Houghton (2005 apud Corbett, Wang e Winebreak, 2009), a mudança climática global pode ser um dos problemas ambientais mais desafiadores já enfrentados pela sociedade: é global, seus efeitos são sentidos no longo prazo e sua mitigação envolverá grandes transformações sociais e tecnológicas.

Corroborando o fato da maior atenção ser direcionada à preservação do meio ambiente e associando isso ao cenário globalizado e de liberalização da economia atual (Ballou, 2006), de acordo com Grossman and Krueger (1993 apud Gallagher, 2005), alguns economistas delinearam mecanismos pelos quais a liberalização comercial e de investimentos tem efeitos indiretos sobre o meio ambiente, dentre eles a escala, a composição e a técnica:

- Os efeitos de escala ocorrem quando a liberalização provoca a expansão da atividade econômica. Se a natureza da atividade está inalterada, mas cresce em escala, surge como consequência a poluição e o esgotamento de recursos. Gallagher (2005) relata que níveis crescentes de emissões de dióxido de carbono devido à expansão da economia mundial na década de 90 são frequentemente citados como exemplos de efeitos de escala;
- Os efeitos de composição ocorrem quando o aumento do comércio leva nações a se especializarem nos setores em que se beneficiam de uma vantagem comparativa. Se uma poluição intensiva das indústrias começa a concentrar-se em nações com as normas ambientais relativamente fracas, teme-se que haja uma "corrida para o futuro", ou seja, que ações precisem ser realizadas com urgência para se manter padrões ambientais;
- Os efeitos de técnica, ou as mudanças nas tecnologias de extração de recursos e de produção, podem potencialmente levar a um declínio na poluição por unidade de produção. A liberalização do comércio e dos investimentos pode incentivar a transferência de tecnologias mais limpas para países em desenvolvimento.

Deve-se considerar, nesse contexto, o fato de que a saúde das pessoas é diretamente afetada pela falta de cuidado com a preservação do meio ambiente. Chang e Wang (2012) salientam que a poluição do ar é a causa de inúmeras doenças ligadas ao sistema respiratório, incluindo câncer de pulmão, doenças cardiovasculares, além de problemas congênitos.

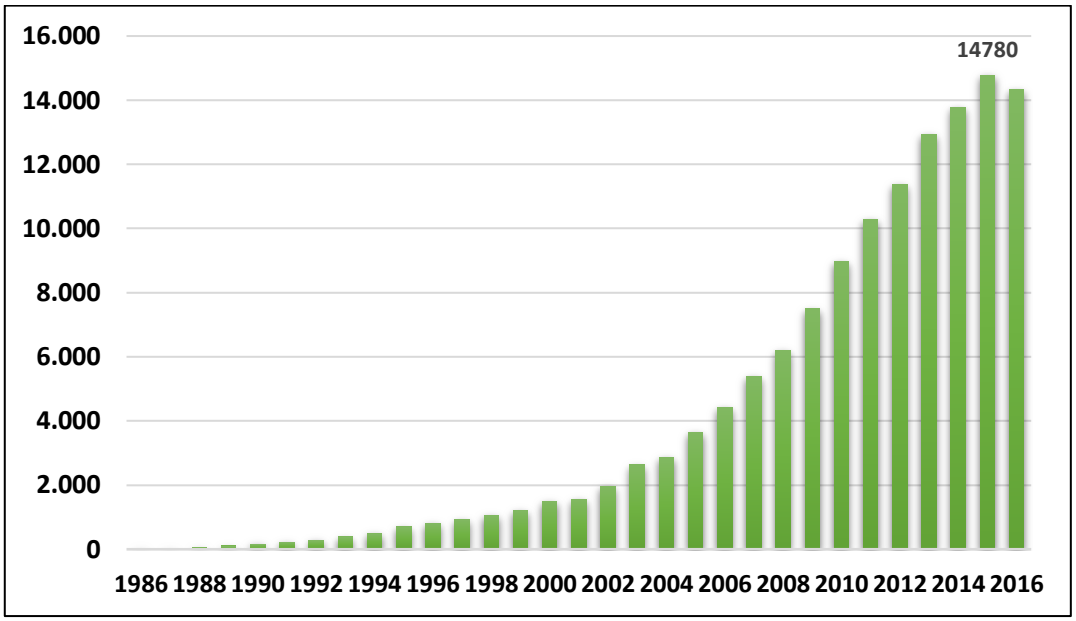
Com essa mudança de status e da importância dada ao meio ambiente nas últimas décadas, um termo passou a ser recorrente no dia a dia de pesquisadores, profissionais de mercado e governos em todo o mundo: a sustentabilidade.

Segundo Ahi e Searcy (2013), é crescente o reconhecimento de que as organizações devem abordar a questão da sustentabilidade em suas operações. Longo et al. (2014) observam que o conceito de sustentabilidade pode ser datado dos anos 70, quando a crise do petróleo impulsionou os primeiros estudos sobre

o uso e a escassez dos recursos. De acordo com Linton, Klassen e Jayaraman (2007), embora as primeiras considerações de sustentabilidade possam ser verificadas em práticas de culturas muito antigas, uma atenção mais recente em direção a essa sustentabilidade e à preservação do meio ambiente pode ser encontrada em obras de economistas e filósofos, o que mostra, inclusive, sua interdisciplinaridade.

Em pesquisa realizada no Portal Scopus, utilizado para pesquisas e referências acadêmicas, verificou-se o crescimento da quantidade de trabalhos que consideram a "sustentabilidade" em seu conteúdo. Entre 1986 e 2016, o número de artigos subiu de 26 para 14.332, sendo que em 2015, foram 14.780 trabalhos. Na última década, entre 2006 e 2016, o aumento foi de 325%. A Figura 2.2 apresenta em forma de gráfico a evolução da quantidade de pesquisas que consideram a sustentabilidade segundo o Scopus.

Figura 2.2 - Evolução da quantidade de trabalhos e pesquisas acadêmicas que consideram a sustentabilidade



Fonte: Scopus (2017)

A sustentabilidade é o que faz com que as atividades de negócios sejam obrigadas a proteger os recursos naturais e o meio ambiente, servindo também ao bem comum da sociedade (WU e PAGELL, 2011). Por sua vez, Ahi e Searcy

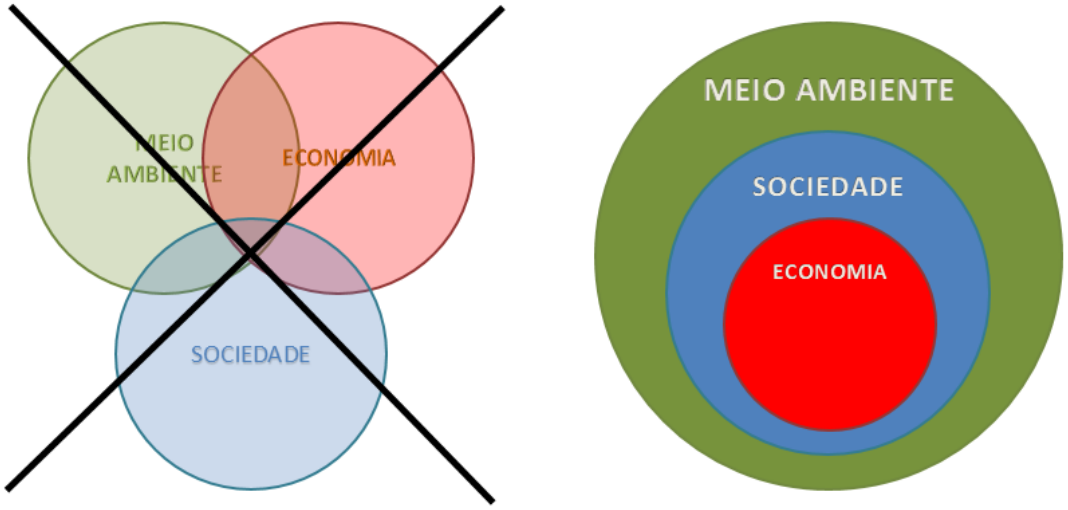
(2013) também mencionam que a definição de sustentabilidade mais comum foi a criada pela *World Commission on Environment and Development* (*WCED*) em 1987, a saber, “um desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade que as gerações futuras terão para atender às suas”, ou seja, sustentabilidade pode ser definida como a maneira como a qual os recursos naturais são explorados de forma que haja responsabilidade com o futuro.

O dicionário Houaiss define sustentabilidade como a condição do que é planejado com base na utilização de recursos e na implantação de atividades industriais, de forma a não esgotar ou degradar os recursos naturais”, ou seja, da mesma forma que a WCED, em 1987, relaciona o conceito de sustentabilidade à preservação dos recursos naturais e ao comprometimento com as próximas gerações.

Tal definição, de acordo com Fleischer (2011), destaca a dimensão de tempo no conceito de sustentabilidade e a necessidade de solidariedade entre diferentes gerações. Além de reforçar o fato de que a sustentabilidade se estrutura a partir de três pilares, o econômico, o social e o ambiental, todos igualmente importantes. A Figura 2.3, adaptada de Fleischer (2011), representa os pilares incorporados de forma hierárquica, na qual o pilar ambiental pode ser considerado mais abrangente que os outros dois.

Ahi e Searcy (2013) chamam de “*triple bottom line*” o conjunto dos três pilares da sustentabilidade e reforçam a complexidade inerente a qualquer análise do assunto e à necessidade de se avaliar o tripé como um todo, embora as iniciativas, em princípio, voltadas à sustentabilidade tendam a se concentrar em questões ambientais.

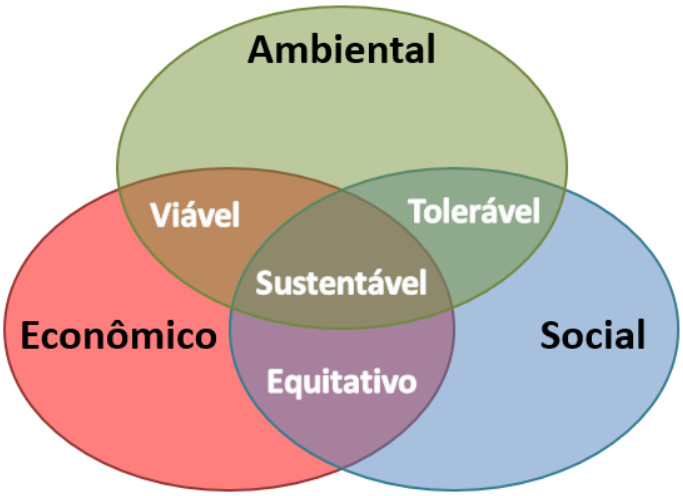
Figura 2.3 - Os três pilares do conceito de sustentabilidade e o relacionamento entre eles



Fonte: o autor, adaptado de Fleischer (2011)

De acordo com Garetti e Taisch (2012 apud Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa, ,2014), quando apenas duas das dimensões são consideradas, o sistema em questão pode ser viável (pilares econômico e ambiental), equitativo (pilares econômico e social), ou tolerável (pilares ambiental e social). Somente quando os três pilares são considerados, existe a sustentabilidade. A Figura 2.4 apresenta as intersecções entre os pilares e os conceitos apresentados.

Figura 2.4 - Os três pilares da sustentabilidade e suas intersecções



Fonte: Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa (2014).

Para Linton, Klassen e Jayaraman (2007), não é de surpreender, dadas as variedades que rodeiam sua definição, que centenas de diferentes interpretações evoluíram para operacionalizar a sustentabilidade. Como resultado, a definição abrangente de sustentabilidade levantou mais questões do que respostas, como por exemplo, determinar quais os recursos que as gerações futuras exigem, em que níveis os poluentes podem ser lançados sem que haja efeito negativo sobre essas gerações ou até que ponto as novas fontes de recursos esgotáveis serão identificadas no futuro.

A sustentabilidade, salientam Linton, Klassen e Jayaraman (2007), tem raízes profundas em ciências físicas e sociais. Portanto, entender o efeito e a interação das diferentes atividades da civilização atual com o meio ambiente, e as implicações geradas na qualidade de vida atual e futura, gera avanços em diferentes áreas das ciências naturais. Além disso, as ciências sociais são fundamentais para a nossa interpretação e quais atitudes devem ser tomadas em relação à sustentabilidade, incluindo as normas culturais, os comportamentos individuais e de grupo, o papel do governo e da comunidade e a relação com a ciência.

Por fim, cabe destacar que a implantação de atividades de transportes mais sustentáveis no Brasil é um desafio de envergadura. Quadros e Nassi (2015) desenvolveram uma pesquisa através de análise multicritério para verificar junto a especialistas e agentes intervenientes do setor quais os principais fatores levados em consideração quando do planejamento de sistemas de transportes de mercadorias. Concluem que a redução de custos possui a maior relevância dentre sete critérios avaliados (aumento da viabilidade intermodal, aumento da viabilidade dos projetos e aumento da oferta de transportes são alguns dos fatores considerados), sendo que redução da emissão de gases do efeito estufa ficou em sexto lugar e a redução dos impactos ambientais foi considerado o último fator de decisão. Para os autores, os critérios ambientais são os fatores menos importantes porque os especialistas entrevistados os julgam, mesmo que inconscientemente, proibitivos para a implementação dos investimentos e, como consequência, para as soluções voltadas à "redução dos custos de transporte".

2.2.1. Sustentabilidade nas cadeias de suprimentos

A necessidade de proteção ambiental e as crescentes demandas por recursos naturais, conforme ponderam Wu e Pagell (2011), estão forçando as sociedades a reconsiderar seus modelos de negócios e reestruturarem as suas cadeias de suprimento. Segundo Ahi e Searcy (2013), iniciativas de sustentabilidade nos negócios são frequentemente associadas à "responsabilidade social corporativa". Embora existam aqueles que argumentam contra a prática, a sustentabilidade e a responsabilidade social das empresas são muitas vezes utilizadas como sinônimos no contexto empresarial.

Para Linton, Klassen e Jayaraman (2007), o foco nas cadeias de suprimento é um passo para um desenvolvimento mais amplo da sustentabilidade, uma vez que esta cadeia considera o produto desde a primeira transformação das matérias-primas até a entrega ao cliente. A sustentabilidade deve também integrar as questões e os fluxos que se estendem para além do núcleo de gestão da cadeia de suprimentos: *design* de produto, fabricação de subprodutos, subprodutos produzidos durante o uso do produto, extensão da vida de um produto, o fim da vida de um produto e os processos de recuperação ao fim da vida.

Brandenburg et al. (2014) avaliaram os desenvolvimentos e direcionamentos considerados em pesquisas que relacionam sustentabilidade às cadeias de suprimentos. Analisaram o conteúdo de 134 trabalhos, cuidadosamente classificados em modelos formais e quantitativos que abordam aspectos de sustentabilidade dentro de uma cadeia de suprimentos e constataram que a maioria das pesquisas se utilizam de análises multicritérios para auxílio à tomada de decisões.

Os autores também relataram que, em contraste ao gerenciamento das cadeias de suprimento tradicional que, tipicamente, concentra-se na redução de custos e melhorias do desempenho nos negócios financeiros, o gerenciamento das cadeias de suprimentos sustentáveis é caracterizado pela integração explícita aos objetivos ambientais e sociais.

Existe também uma tendência de se estudar formas de otimizar as ações sustentáveis no âmbito do gerenciamento da cadeia de suprimentos. Porém, segundo Ilgin & Gupta (2010 apud Brandenburg et al., 2014) ao contrário do que acontece no tratamento de problemas de logística reversa ou de manufatura, a pesquisa operacional possui papel secundário em problemas de gerenciamento da cadeia de suprimentos com sustentabilidade.

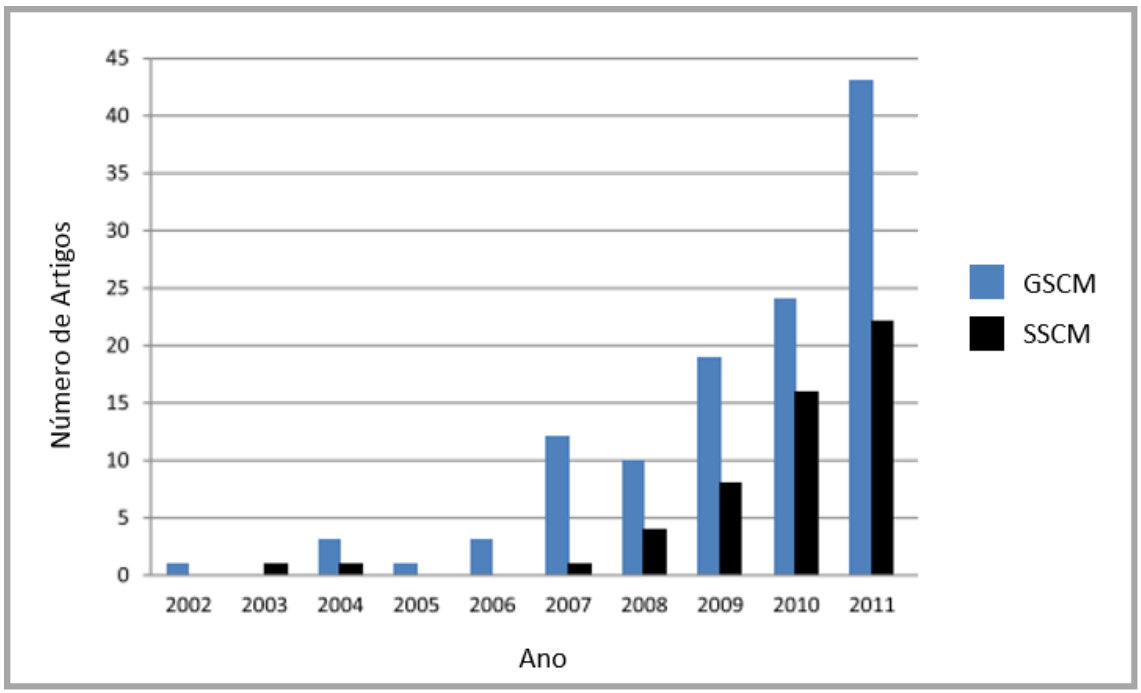
Uma questão ainda considerada problema para as empresas que reconsideram seus modelos de negócios e reestruturam as suas cadeias de suprimento, segundo Wu e Pagell (2011), é a maneira com a qual lidam com as pressões de curto prazo para permanecerem economicamente viáveis enquanto implementam as alterações. Sua pesquisa ajudou a compreender como as empresas incorporam as questões ambientais no seu processo de tomada de decisão na cadeia de suprimento. Foi adotada uma abordagem fundamentada para examinar as operações de oito empresas líderes em práticas de negócios sustentáveis nos Estados Unidos. Especificamente, os autores se propuseram a explorar como as organizações equilibram a necessidade de rentabilidade em curto prazo e a sustentabilidade ambiental em longo prazo na tomada de decisões da cadeia de suprimento em condições de incerteza, e concluíram que muitas das ações realizadas são particularmente ligadas às características produtivas de cada empresa, embora todas elas priorizem da mesma forma os elementos da "*triple bottom line*".

Ramos, Gomes e Barbosa-Póvoa (2014) afirmam que, ao se abordar os sistemas da cadeia de suprimentos, frequentemente se consideram os aspectos econômicos, enquanto as preocupações ambientais surgiram apenas recentemente e o componente social é o menos estudado. Segundo as autoras, raramente a combinação dos três pilares foi analisada. A principal contribuição do seu trabalho é a proposição de uma nova abordagem para apoiar as decisões táticas e operacionais adicionais ao se planejar cadeias de suprimentos sustentáveis.

As pesquisas existentes sobre "*Sustainable Supply Chain Management*" (*SSCM*), ou Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos Sustentável, mostram que a sustentabilidade é muitas vezes motivada externamente pelo governo, por clientes ou por outras partes interessadas (GOLD, SEURING, & BESKE, 2010).

Buscando identificar e analisar as definições de gestão da cadeia de suprimentos verde "*Green Supply Chain Management*" (*GSCM*) e da gestão de cadeia de suprimento sustentável (*SSCM*) já publicadas, Ahi e Searcy (2013) identificaram 22 definições para *GSCM* e 12 definições para *SSCM* e, embora algumas definições de *SSCM* tenham mostrado sobreposição considerável com definições de *GSCM*, argumenta-se que *SSCM* é essencialmente uma extensão de *GSCM*. Também salientam o aumento da influência que tais conceitos exercem nas empresas em geral, com o passar do tempo. A Figura 2.5 mostra uma distribuição dos artigos que tratam de *SSCM* e *GSCM* publicados, anualmente, entre 2002 e 2011.

Figura 2.5 - Quantidades de artigos revistos sobre Gerenciamento das Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (*SSCM*) e Gerenciamento das Cadeias de Suprimentos Sustentáveis (*GSCM*)



Fonte: Ahi e Searcy (2013)

Em sua análise das publicações que tratavam do *GSCM*, Ahi e Searcy (2013) verificaram que apenas três (14% do total) abordavam explicitamente as múltiplas dimensões do "*triple bottom line*", enquanto todas as outras abordavam somente a dimensão ambiental da sustentabilidade. Em geral, os resultados

mostraram que as definições para *GSCM* têm foco mais restrito do que aquelas utilizadas para definir a *SSCM*, com ênfase nas questões ambientais. A integração das considerações ambientais às práticas do gerenciamento da cadeia de suprimentos é o ponto central de preocupação de quase todas as definições de *GSCM*, sendo a *SSCM*, essencialmente, uma extensão do conceito anterior, que aborda mais eficientemente as características de sustentabilidade e do gerenciamento da cadeia de suprimentos.

Hervani et al. (2005 apud Prause, 2014) propuseram que as práticas sustentáveis na gestão da cadeia de suprimentos incluam as diversas atividades em andamento: compras, fabricação, gestão de materiais, distribuição, comercialização, logística reversa, etc. Dentre tais atividades, deve-se dar atenção especial às atividades de transportes.

2.2.2. Transportes sustentáveis

Fleischer (2011) enfatiza que a sustentabilidade demanda que as necessidades daqueles que estão em determinado local devem ser supridas sem comprometer a capacidade de se suprir as necessidades em outros locais, ou seja, agrega à definição uma análise espacial, em adição às características temporais já reforçadas pela relação existente entre gerações. “Outros locais” pode significar um grande conjunto de distâncias, desde uma ilha distante na Oceania até um distrito vizinho, ou rua próxima, para qual um fluxo de veículos pode se deslocar, por exemplo. Reforça-se, então, a necessidade de se avaliar as atividades de transportes que ocorrem nas cadeias de suprimento, de modo especial. Os autores concluem que quando se trata de uma questão de transportes em redes, surge a necessidade de abordar o fator espaço dentro da sustentabilidade, aliando a relação intergerações à atenção aos problemas contemporâneos.

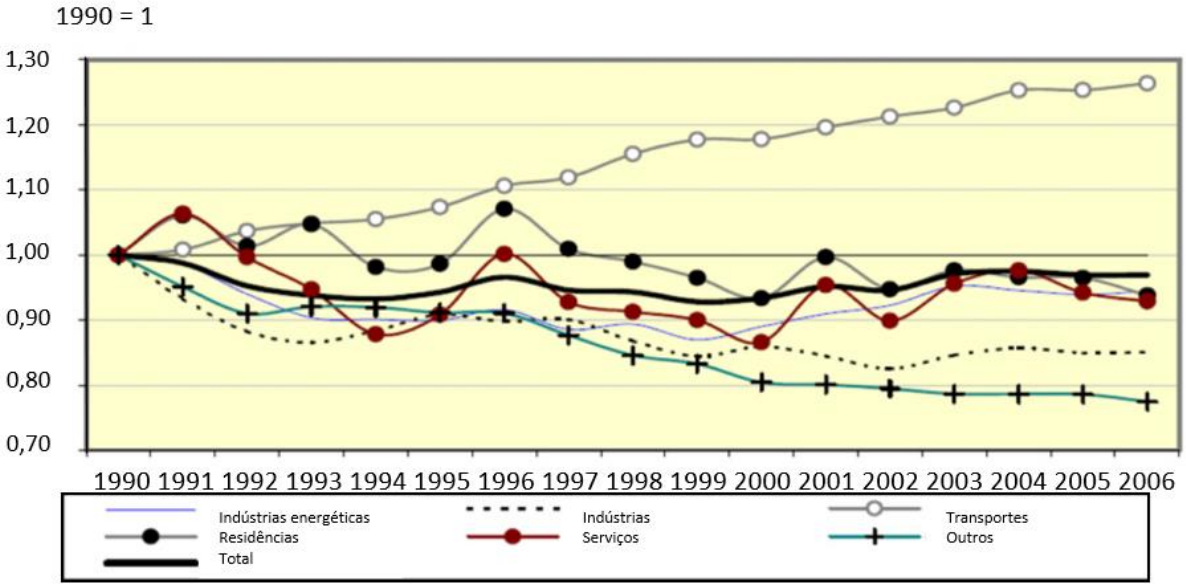
De acordo com Quadros e Nassi (2015), nas últimas décadas, as mudanças tecnológicas no setor da comunicação têm influenciado excessivamente a procura por transporte. Afetando também as práticas de controle operacionais, redirecionando algumas das tendências até então prevalecentes.

A abertura dos mercados à concorrência internacional, que se deu na década de 90, também foi aplicada aos serviços de transporte, antes geridos e mantidos como assuntos internos dos Estados. Independentemente dessas variações, ao longo do tempo, o planejamento de transporte tornou-se cada vez mais crucial para que se pudesse entender, no mesmo contexto, todas as variáveis envolvidas com o setor, e suas tomadas de decisão tornaram-se cada vez mais complexas (PINTO JUNIOR et al., 2009 apud QUADROS E NASSI, 2015).

A atividade de transporte e, particularmente, o transporte rodoviário, relatam Binsted et al. (2011), é uma das que mais contribuem para as mudanças climáticas. Para que a mitigação das mudanças climáticas se torne realidade, o transporte precisa se descarbonizar. Segundo os autores, as políticas estabelecidas precisam ser seguidas por ações, que requerem mudanças radicais nas características das viagens. Justificam que, internacionalmente, o setor de transportes consome mais energia do que qualquer outro setor, sendo responsável por 23% das emissões globais de CO_2, quantidade que pode aumentar em 50% até 2030 e em 80% até 2050 se as tendências atuais se mantiverem.

Afirmam, também, que as taxas de crescimento de emissões do setor produtivo e de outros setores da economia estão diminuindo, enquanto a porcentagem de emissões relacionadas aos transportes está aumentando. Bergqvist e Egels-Zandén (2012) mostram tal efeito a partir de um gráfico, reproduzido na Figura 2.6, que indica o crescimento das emissões para cada atividade, em função das emissões que ocorreram em 1990 (valor de escala igual a 1). Em 2006, as emissões provenientes das atividades de transportes eram aproximadamente 30% maiores que 16 anos antes.

Figura 2.6 - Crescimento das emissões para cada atividade, em função das emissões que ocorreram em 1990



Fonte: Bergqvist e Egels-Zandén (2012)

Atenção especial deve ser dada ao transporte rodoviário, responsável por 71,3% de todas as emissões de gases causadores do efeito estufa por parte do setor de transportes da Europa (BERGQVIST e EGELS-ZANDÉN, 2012). De acordo com Bezák (2011), o aumento persistente da utilização do transporte rodoviário afeta a disponibilidade territorial das atividades humanas e causa um aumento nos acidentes de trânsito, na devastação ambiental e na redução da qualidade de vida global.

Fleischer (2011) relata que o transporte de passageiros em distâncias menores que 500 km pelo modal rodoviário é responsável por 45% das emissões de gases de efeito estufa, sendo 16% em vias urbanas. Já o transporte rodoviário de mercadorias, somente nas estradas, responde por 19% dessas emissões. Cabe salientar que as atividades de transportes são responsáveis pela emissão não só de gases causadores de efeito estufa, como o CO_2, mas também por outros poluentes, como o SO_2, o NO_x e materiais particulados (KONTOVAS e PSARAFTIS, 2009).

Segundo van Lier e Macharis (2014), ao mesmo tempo em que geram grandes benefícios econômicos e sociais, os serviços de transporte também ocasionam

custos externos[3] significativos, na maioria das vezes negativos. Nesse sentido, a determinação do componente ambiental dos custos externos dos transportes geralmente é direcionada para as emissões atmosféricas que ocorrem por conta das viagens dos veículos, mesmo que haja emissões indiretas relacionadas às operações, à frota de veículos e às infraestruturas de transporte, que recebem menor atenção. Entretanto, uma lista extensa de outros custos externos está associada às atividades de transporte, causados pelas emissões (alterações climáticas e poluição do ar), acidentes, ruídos, contaminação do solo, interferências no sistema ecológico, danos à infraestrutura, incômodos visuais, congestionamentos e efeitos associados a processos anteriores, como os processos de pré-combustão (extração, refino e transporte de combustíveis) e construção, manutenção e sucateamento de veículos e infraestruturas. Esses custos externos fazem com que os preços do mercado de transporte não reflitam completamente os custos sociais dos serviços, resultando em níveis de atividade de transporte acima do ótimo social.

Bergqvist e Egels-Zandén (2012) afirmam que, com maior conscientização e regulamentações voltadas ao meio ambiente, aumentou-se a percepção e a necessidade de se implementar sistemas de transportes mais sustentáveis. O setor de transportes é um dos maiores poluidores e os agentes envolvidos, especialmente as entidades públicas, desejam focar o aumento das soluções de transportes sustentáveis. Os autores alertam para a urgência de se obter medidas que diminuam as emissões provenientes do setor de transportes, sejam essas medidas, diretas (novas tecnologias) e indiretas (novos sistemas).

Em meio a esse cenário no qual a diminuição das emissões geradas pelas atividades de transportes deve ocorrer com urgência, portanto, algumas estratégias e medidas têm sido planejadas e executadas por gestores, administradores e por órgãos governamentais em muitos lugares.

Panagakos e Psaraftis (2011) sugerem que, para todos os modais, as receitas obtidas com as atividades de transportes devem ser utilizadas para que se tornem mais sustentáveis, através da busca por veículos menos poluidores e

[3] Bickel e Friedrich (2005) definem os custos externos como sendo os custos gerados por atividades sociais ou econômicas de um grupo de pessoas e que exercem certo impacto sobre outro grupo sem qualquer tipo de compensação.

mais eficientes do ponto de vista do consumo energético, mitigando a poluição causada pelo transporte ou fornecendo infraestruturas alternativas.

Binsted et al. (2011) afirmam que os objetivos da redução de emissão de gases pelo setor de transporte não podem ser alcançados apenas com soluções tecnológicas, dependem também de esforço que promova mudança de comportamento nas escolhas dos modais. Os autores salientam que existe uma necessidade de se obter eficiência dos veículos e dos sistemas de transportes como um todo e que é importante se administrar a demanda por transportes através de instrumentos econômicos, regulatórios, tecnológicos, de planejamento e de informação. Concluem salientando que é possível realizar o controle das emissões dos transportes através da redução da necessidade de viagens, migrando-as para veículos que emitam menor quantidade de carbono e desenvolvendo eficiência energética para todos os modais de transporte.

Ao estudar os planos de redução dos impactos ambientais causados pelo transporte de cargas e passageiros na Europa, Fleischer (2011) concluiu que existem alguns objetivos a serem atingidos com o sistema de transportes: melhor acessibilidade, igualdade, qualidade de serviços, previsões eficientes e pagamento dos custos sociais. Alcançá-los já reduziria os efeitos nocivos destas atividades. O autor corrobora Binsted et al. (2011) e afirma que os resultados desejados não serão obtidos somente com o foco em tecnologia.

Por fim, Fleischer (2011) define três vertentes para o desenvolvimento sustentável do transporte: intervenções tecnológicas em veículos e combustíveis, inovações e maior utilização das cadeias multimodais e intervenções nos sistemas de informação e na gestão do tráfego, para utilização mais eficiente das vias.

De maneira análoga, van Lier e Macharis (2014) também estabelecem três tipos de intervenções ambientais a serem considerados no serviço de transporte: intervenções no funcionamento do veículo (inclui alterações nas características das viagens que tais veículos realizam), nas frotas de veículos e na infraestrutura de transportes. Devendo-se analisar as emissões causadas não apenas durante as operações dos veículos, mas por todo o seu ciclo de vida, desde a concepção e fabricação até o sucateamento.

Exemplos de intervenções que se enquadram nos três grupos citados por van Lier e Macharis (2014) podem ser a redução das velocidades dos veículos (intervenção operacional), utilização de veículos maiores e que aumentem a economia de escala (intervenção na frota) ou utilização de diferentes modais, com diferentes vias e infraestruturas (intervenção na infraestrutura de transportes).

Bak e Borkowski (2011) atentam para uma contrapartida ao aumento da eficiência nos transportes. Se por um lado atividades mais eficientes e maior integração modal podem trazer benefícios consideráveis ao meio ambiente, por outro lado, isso pode gerar aumento da demanda por transporte, tanto de mercadorias quanto de passageiros. Para os autores, existe a necessidade de se encorajar e coordenar ações e investimentos que tornem os sistemas de transportes mais cooperativos, intermodais e interconectados, cujos efeitos devem ser melhor avaliados.

O uso de modais de transporte com maior capacidade, como trens e barcaças, além de aumentar a eficiência nas hinterlândias[4], traz muitas vantagens relacionadas à diminuição dos impactos ambientais do transporte, como economia de escala, operações mais rápidas nos portos, e menores atrasos relacionados aos congestionamentos rodoviários. (BERGGVIST e EGELS-ZANDÉN, 2011). Assim, a demanda por soluções de transporte mais sustentáveis de acordo com esses autores, tem impactado significativamente na concepção de sistemas de transporte interior, no que diz respeito às tecnologias utilizadas e aos modais de transporte.

A intermodalidade, portanto, é uma das ferramentas disponíveis na busca pelo transporte mais sustentável. Quadros e Nassi (2015), por exemplo, abordam-na em âmbito brasileiro e apresentam a proposta estabelecida no Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT – na qual é prevista uma mudança significativa na porcentagem de participação de cada modal na matriz de transporte de cargas brasileira. O objetivo central, entretanto, é a redução do custo de transporte de carga no Brasil, um dos principais e mais complexos

[4] Hinterlândia é, de acordo com o dicionário Michaelis, o território afastado do litoral, das margens dos grandes rios ou dos centros industriais e comerciais; interior, retroterra. Trata-se da região atendida pelos serviços portuários de determinado porto.

problemas enfrentados por economias emergentes, com menor atenção à adoção de uma cadeia mais sustentável.

Para Engström (2011), uma forma de encarar o desafio, que é alcançar a sustentabilidade através de atividades de transportes, é desenvolver corredores de transportes, aumentando a competitividade e contribuindo para um ambiente sustentável. O autor ainda se refere ao conceito de corredores verdes, como sendo alternativas que permitirão soluções de transportes em grande escala e em longo prazo através de infraestrutura suficiente e atrativa, além de um quadro de regulamentação de apoio. Ressalta, no entanto, que esse conceito não é muito específico e tampouco dedicado somente a soluções intermodais, como será apresentado posteriormente.

Com a adoção de práticas intermodais no transporte de mercadorias, a tendência é que o modal aquaviário (marítimo ou hidroviário) seja mais utilizado, a partir das adequações de infraestrutura e regulamentações necessárias.

A cabotagem, navegação de curta distância, é uma das opções quando se trata de intermodalidade através do modal aquaviário. Castells, Usabiaga e Martínez (2012) consideram as chamadas autoestradas do mar como parte da estratégia europeia para desenvolver um sistema de transporte de mercadorias eficiente, seguro e amigo do meio ambiente (sustentável). Sua pesquisa desenvolveu um modelo para a comparação da performance ambiental entre o transporte marítimo de cabotagem e o transporte rodoviário, estimando as emissões diretas e quantificando os seus impactos devido aos poluentes atmosféricos e às emissões de gases de efeito estufa.

2.2.2.1. Intermodalidade

a) O conceito

Para que as atividades de transportes sejam executadas, é importante o planejamento, que deve iniciar pela escolha do modal a ser utilizado (CHOPRA

e MEINDL, 2012). Um modal de transportes, segundo esses autores, é a maneira como, determinada carga é deslocada de certo local na cadeia de suprimentos para outro. Descrevem ainda, que os modais se diferenciam através da velocidade, do tamanho dos lotes transportados, dos custos e da flexibilidade oferecida.

Um dos autores mais consagrados em estudos e pesquisas logísticas, Ballou (2006) relata a importância da utilização dos cinco modais básicos de transportes para que sejam oferecidos serviços diretos aos usuários. Os modais que o autor chama de básicos são o ferroviário, o rodoviário, o aéreo, o aquaviário e o dutoviário, este utilizado para transporte de produtos líquidos ou sólidos em suspensão. Destaca também a importância de se utilizar mais de um modal em um processo de transportes, favorecendo o transporte internacional. Para o autor, essa integração entre dois ou mais diferentes modais é chamada de intermodalidade, e sua principal vantagem é oferecer intercambialidade às operações e equipamentos dos modais individualizados. O autor descreve dez combinações diferentes de intercambialidade entre modais possíveis, apresentadas na Quadro 2.1.

Quadro 2.1 - Possíveis intercambialidades entre modais

	Modais	**Veículo antes transbordo**	**Veículo após transbordo**
1	Ferroviário - Rodoviário	Trem	Caminhão
2	Ferroviário - Aquaviário	Trem	Navio
3	Ferroviário - Dutoviário	Trem	Dutos
4	Ferroviário - Aéreo	Trem	Avião
5	Rodoviário - Aquaviário	Caminhão	Navio
6	Rodoviário - Dutoviário	Caminhão	Dutos
7	Rodoviário - Aéreo	Caminhão	Avião
8	Aquaviário - Dutoviário	Navio	Dutos
9	Aquaviário - Aéreo	Navio	Avião
10	Aéreo - Dutoviário	Avião	Dutos

Fonte: o autor, adaptado de Ballou (2006)

Entretanto, operações de transportes que consideram a utilização de mais de um modal nem sempre são definidas como intermodalidade, devido à utilização, por

parte de muitos autores, de outras definições, como a multimodalidade ou comodalidade.

Reis et al. (2013) descrevem em seu trabalho algumas definições utilizadas para conceituar a associação de dois ou mais modais de transporte numa mesma operação, entre elas as definições estabelecidas pela Comissão Europeia Econômica das Nações Unidas (*The United Nations Economic Commission for Europe* - UNECE) no ano de 2001. De acordo com os autores, a UNECE define o transporte Multimodal como o "transporte de mercadorias por dois ou mais meios de transporte" (Nações Unidas, 2001, p. 16) e o transporte Intermodal como sendo a:

> Circulação de mercadorias em uma única e mesma unidade de carga ou veículo rodoviário, que utiliza sucessivamente dois ou mais meios de transporte e não movimenta os produtos para alteração dos modais.

Depois de analisar na literatura as diversas definições de intermodalidade existentes, Reis et al. (2013) definem que um serviço de transporte intermodal de mercadorias é uma cadeia integrada de agentes de transporte, na qual um operador organiza e gere os diversos agentes, com o objetivo de obter o máximo proveito de cada um a favor do desempenho global do serviço de transporte, concluindo que o desempenho global é mais do que a soma dos resultados de cada serviço de transporte individual. Para os autores, o transporte multimodal é realizado através de um conjunto de serviços de transporte de modais independentes e não integrados, no qual o desempenho geral é o simples somatório das performances dos diferentes serviços de transporte individuais.

De Langen e Sharypova (2013) reforçam em seu trabalho o fato de que em uma operação intermodal não acontece o carregamento ou descarregamento direto de nenhuma mercadoria, também baseados na definição da Comissão Europeia Econômica das Nações Unidas (2001).

Outro conceito relacionado ao uso de mais de um modal, também importante é o de comodalidade. Reis et al. (2013) relatam que o termo comodalidade foi definido pela Comissão Europeia durante a revisão do seu *White Paper* sobre transportes, feita em 2006, como sendo "o uso eficiente de diferentes modais de

maneira única e combinada que resultará em uma utilização otimizada e sustentável dos recursos" (*European Commission*, 2006, p. 4).

Verweij (2011 apud Steadieseifi et al., 2014) afirma que a comodalidade é utilizada por grupos ou consórcios de transportadores e que em suas operações, os modais de transportes são utilizados de forma mais inteligente, maximizando os benefícios de cada um individualmente, em termos de sustentabilidade global.

Crainic & Kim (2007 apud Steadieseifi et al., 2014) definem o transporte intermodal de cargas como um tipo particular de transporte multimodal no qual a carga é transportada a partir de uma origem para um destino em uma única e mesma unidade de transporte intermodal (por exemplo, um contêiner ou TEU). Steadieseifi et al. (2014) descrevem que os terminais intermodais oferecem flexibilidade e economias de escala no uso de múltiplos modais para as empresas.

Chopra e Meindl (2012) também definiram intermodalidade. Para estes autores, trata-se, simplesmente, do uso de mais de um modal para movimentar determinada carga até seu destino. Destacam também que as atividades de transportes intermodais têm se intensificado a partir do crescente uso de contêineres, além da expansão do comércio global. Complementam que a intermodalidade é a única opção existente para empresas localizadas às proximidades de terminais portuários, e os pontos chave da indústria intermodal se referem às trocas de informações entre os operadores dos diferentes modais, uma vez que as operações de transbordo impactam nos tempos de ciclos das viagens caso sejam realizadas com atrasos.

Nota-se, entretanto, que todas as definições descritas até o momento foram estabelecidas em pesquisas e estudos realizados no continente europeu, onde o conceito de corredor de transportes, o uso de ferramentas de operação intermodais e o objetivo de transferir as cargas transportadas no modal rodoviário para outros modais se tornaram o foco de muitos intervenientes e dos próprios governos locais, o que inclusive deu origem aos corredores verdes naquele continente. De acordo com Reis (2014), os transportes intermodais de médias a longas distâncias têm sido fortemente promovidos pela Comissão

Europeia e pelos governos nacionais que os consideram solução para assegurar a sustentabilidade do setor dos transportes de mercadorias.

Já no Brasil, a conceituação para operações que consideram a utilização de mais de um modal é avaliada de forma diferente, muito mais voltada ao tipo da prestação de serviços que é realizada. A Lei n° 9.611, de 19 de fevereiro de 1998 (Brasil, 1998) estabelece em seu Artigo 2° que

> Transporte Multimodal de Cargas é aquele que, regido por um único contrato, utiliza duas ou mais modalidades de transporte, desde a origem até o destino, e é executado sob a responsabilidade única de um Operador de Transporte Multimodal.

A mesma Lei dispõe ainda, em seu Artigo 3°, que

> O Transporte Multimodal de Cargas compreende, além do transporte em si, os serviços de coleta, unitização, desunitização, movimentação, armazenagem e entrega de carga ao destinatário, bem como a realização dos serviços correlatos que forem contratados entre a origem e o destino, inclusive os de consolidação e desconsolidação documental de cargas.

Nota-se, portanto, que a legislação brasileira dispõe sobre o conceito de multimodalidade, definindo como um tipo de serviço que se utiliza de mais de um modal de transportes, embora seja regulamentado por um contrato único de prestação de serviços.

David e Stewart (2010 apud Valois, 2014) afirmam que nas operações de transportes intermodais existem documentos e contratos específicos para cada um dos modais utilizados, cuja consequência é a divisão total de deveres entre os transportadores e prestadores de serviço. Valois (2014) sustenta que esta definição é muito utilizada nas operações realizadas no Brasil e, portanto, o que difere os transportes intermodal e multimodal é o tipo de contrato firmado entre clientes e prestadores de serviço. Tal afirmação é corroborada pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT acerca da emissão de documentos

únicos para o transporte multimodal. O conceito de comodalidade não é apresentado no contexto das operações de transportes em território brasileiro.

b) Operações intermodais

Bak e Borkowski (2011) afirmam que, devido à necessidade de se contar com um futuro sustentável para as atividades de transporte, aumentou a necessidade de se encorajar e coordenar ações e investimentos que tornem os sistemas de transportes mais cooperativos, intermodais e que se garantam melhores interconexões. Os autores relatam também que muitos ganhos com eficiência podem ser obtidos, inclusive, em transportes multimodais, mas que tudo isso depende, principalmente, da forma como ocorrem as trocas de modais e operações de transbordo.

A fim de oferecer opções modais, Regmi e Hanaoka (2015) estabelecem que uma rota de transportes ou corredor precisa ter instalações de transferência entre modais, que podem ser portos secos, terminais fluviais, depósitos interiores de contêineres, depósitos interiores alfandegários, terminais de carga interiores, centros de distribuição e terminais intermodais, ou seja, é necessário que haja oferta de infraestruturas.

Corroboram tal afirmação Bak e Borkowski (2011), ao sugerirem que ferramentas que podem melhorar a interconectividade entre os modais são discutidas e as soluções particularmente mais próximas de produzir efeitos positivos são novas infraestruturas (novas ferrovias, rodovias, *links* dedicados), melhorias nos pontos de transbordo (estações de trens, depósitos de cargas, terminais de contêineres, etc.), além de modernização dos sistemas de transportes (redução de congestionamentos, acessos diretos entre modais). Os autores apontam ainda para a necessidade de se efetuar a troca rápida e eficiente de um modal de transporte para outro e listam algumas soluções que permitiriam melhorias na integração:

- aumento na velocidade dos transbordos;
- equipamentos melhores que possibilitem maior rapidez às operações;

- equipamentos universais de transporte que possibilitem a compatibilidade com vários tipos de veículos;
- maior organização do processo de transportes;
- aumento do uso de cadeias de transportes multimodais e intermodais;
- serviços integrados nos locais de transbordo;
- serviços fora dos centros de transportes ou locais de transbordo; e
- maior capacidade de armazenagem nos locais de transbordo.

Monios e Bergqvist (2015) apresentam também a necessidade de se otimizar os processos burocráticos envolvidos em uma operação inter/multimodal. Exploraram a relação entre proprietários e operadores de infraestrutura e dos terminais, descobrindo que os procedimentos contratuais são bastante variados, com pouca padronização de procedimentos, requisitos, riscos ou incentivos, mesmo quando se comparam terminais em um único país. Seu trabalho mostra uma análise comparativa realizada em cinco contratos de concessão destes terminais a partir de um conjunto de regras para reformas portuárias sugeridas pelo Banco Mundial, com setenta e duas disposições diferentes. A análise revelou várias incertezas nos contratos de concessão, relativas à falta de disposições previstas em matéria de monitorização e medição de desempenho, de acessibilidade aos usuários, manutenção de infraestrutura, marketing e procedimentos para serviços de devolução.

Os mesmos autores, Monios e Bergqvist (2015), destacam ainda a necessidade de se padronizar não somente as questões operacionais das atividades inter e multimodais, mas também a regulamentação (nacional e internacional), a prática empresarial e o compartilhamento de informações, integrando as cadeias de suprimentos. A aplicação de um quadro padronizado para regulamentação e concessões pode, portanto, permitir a identificação de fontes de ineficiência que precisam ser abordadas através de melhores procedimentos de licitação e processos que podem estar exercendo limitações consideráveis na qualidade da rede de integração modal. De acordo com os autores, a solução para tais problemas deve, assim, ser prioridade importante aos agentes do setor público, exigindo análise de casos de sucesso para identificar as melhores práticas que podem ser incluídas ao quadro de regulamentação.

Regmi e Hanaoka (2015) concluem sua análise da literatura relatando a importância de se estabelecer políticas e intervenções para propiciar o incentivo de uma transferência modal no transporte de mercadorias e no desenvolvimento do transporte inter e multimodal. A fim de promover a transferência modal, o sistema de transportes existente deve oferecer três componentes essenciais: rede integrada de transporte, nós para transferência modal e prestação de serviços de transporte.

Existem sempre diversas alternativas para se transportar algo entre dois pontos distantes, portanto, todas as possibilidades modais e suas intercambialidades devem ser analisadas, para que se obtenham níveis de serviços desejáveis concomitantemente a custos compatíveis. Nesse sentido, determinados autores passaram a verificar alternativas para redução do uso maciço do transporte rodoviário, reconhecidamente menos sustentável que outros modais, mas significativas para a realização de atividades de entrega conhecidas como porta a porta (BALLOU, 2006).

Regmi e Hanaoka (2015) afirmam que uma maneira de reduzir as emissões das atividades de transportes seria por meio da transferência modal do transporte rodoviário para modais mais eficientes ambiental e energeticamente, como ferrovias, vias navegáveis interiores de transporte (hidrovias), através de operações que contemplassem mais de um modal.

Liao et al. (2009 apud Sahin et al., 2014) compararam os sistemas de transporte rodoviário e intermodal marítimo-rodoviário em Taiwan, através do cálculo das emissões com base na atividade. Observaram que a substituição do transporte rodoviário pelo intermodal pode reduzir significativamente as emissões de CO_2 devido à eficiência dos combustíveis navais.

Reis (2014) ressalta que o transporte inter ou multimodal tem revelado capacidade limitada para competir contra o transporte rodoviário, e novas soluções para ampliar limites de competitividade são necessárias. O autor desenvolveu um modelo baseado em agentes para simular as operações de transporte, bem como as reações comportamentais dos agentes de transporte, aplicando variáveis de escolhas modais consensualmente consideradas fundamentais no processo: preço, tempo em trânsito, confiabilidade, que é a

probabilidade de as mercadorias serem entregues no local de destino dentro de uma determinada janela de tempo, e flexibilidade.

O modelo construído por Reis (2014) deve ser utilizado para verificar o desempenho da intermodalidade e do modal rodoviário sob diferentes cenários de demanda. Aplicações do modelo para um serviço de transporte de curta-distância mostram que apenas os preços poderiam explicar escolhas de transportadores pela intermodalidade nestes casos, alertando para o fato de que as operações com mais de um modal de transportes são mais vantajosas somente para aquelas entre locais a mais de 200 quilômetros de distância.

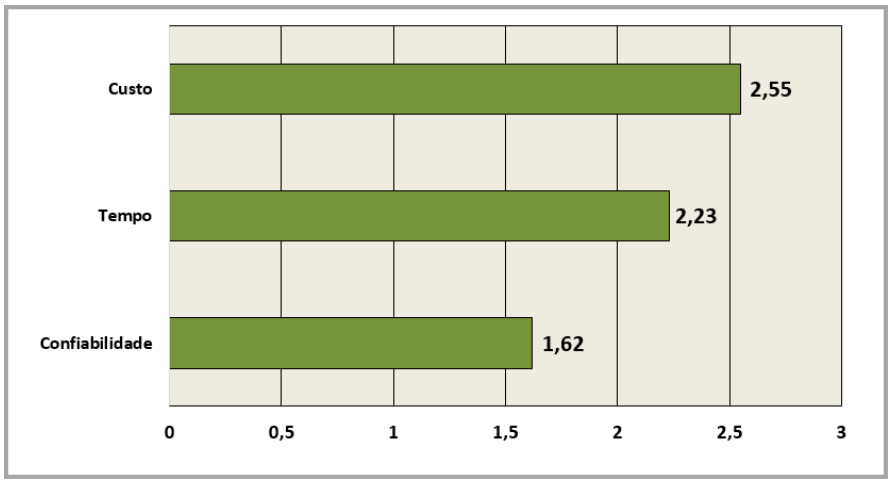
Sahin et al. (2014) também concluíram com seu modelo de análise econômica comparativa que, no transporte de curta distância, os modais de transporte individuais sempre tendem a ser vantajosos. Ao comparar as alternativas rodoviárias com a utilização em conjunto dos modais rodoviário e ferroviário em um estudo de caso realizado na Turquia, Sahin et al. (2014) determinaram que até uma distância de 200 quilômetros, o uso do modal rodoviário exclusivo é sempre mais vantajoso, e que para distâncias maiores que 800 quilômetros, utilizar dois modais é sempre melhor.

Para Macharis e Van Mierlo (2010 apud Bergqvist, Macharis e Woxenius, 2015), em circunstâncias médias, as opções de transporte intermodal gerarão custos externos menores em relação ao transporte exclusivamente rodoviário. Bergqvist, Macharis e Woxenius (2015) também afirmam que a internalização dos custos ambientais das operações de cada modal é uma alternativa viável para se obterem operações com intercâmbio entre modais mais sustentáveis, atribuindo a cada alternativa de transporte o uso em que ele pode trazer os maiores ganhos sociais em comparação aos outros modais.

Nota-se, portanto, que abrir mão das vantagens econômicas da utilização do modal rodoviário nem sempre é uma opção considerada pelos transportadores e, então, é necessário que sejam avaliados outros critérios que incentivem as operações mais sustentáveis, como a utilização de outros índices de desempenho (*KPI's*) relacionados às emissões de gases do efeito estufa, à confiabilidade e flexibilidade das operações (REGMI e HANAOKA, 2015).

Com uma pesquisa realizada junto aos agentes intervenientes de transportes na Tailândia, Regmi e Hanaoka (2015) avaliaram que os custos influenciam mais nas decisões sobre uso de modais do que a confiança e o tempo de ciclo das viagens, como apresentado na Figura 2.7.

Figura 2.7 - Pesos atribuídos pelos agentes intervenientes para custo, tempo e confiabilidade



Fonte: Regmi e Hanaoka (2015)

Segundo Regmi e Hanaoka (2015), o tipo de modal depende do seu valor de utilidade para o indivíduo que faz a escolha. De acordo com Ortuzar e Willumsen (2001 apud Regmi e Hanaoka, 2015), existem dois componentes de utilidade levadas em consideração na escolha: a sistemática, que pode ser medida, e a aleatória, que não pode. Um modal pode ser, portanto, escolhido através da comparação dos valores de utilidade medidos, calculados pela função de utilidade proposta por Ben-Akiva e Lerman (1985 apud Regmi e Hanaoka, 2015):

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \qquad (1)$$

Em que:

- U é a função de utilidade

- V é a utilidade sistemática

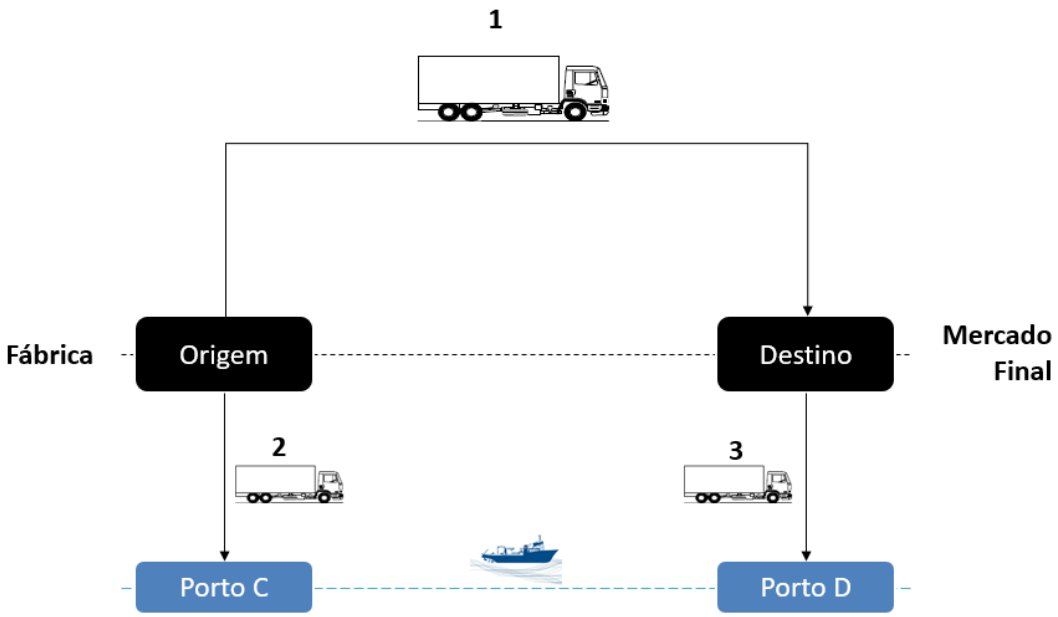
- ε é o componente aleatório de utilidade

- i é o número de alternativas/escolhas

Uma das formas de desencorajar o uso do transporte rodoviário pode ser o aumento de taxas referentes a esse transporte.

Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014) desenvolveram um modelo que mostra a interação entre duas alternativas modais no mercado de transporte de mercadorias em um corredor específico, apresentado na Figura 2.8. Há duas alternativas: a primeira é se deslocar da fábrica (A) para o mercado final (B), usando a transportadora 1, opção que os autores intitularam mercado do transporte rodoviário de mercadorias. A opção dois começa na fábrica (A), segue para o Porto C pela transportadora 2, continua até o porto D e, finalmente, para o mercado final (B), usando a transportadora 3 (conhecido como sistema de porta a porta). Os autores chamaram esta opção de mercado de transporte de mercadorias Intermodal – Cabotagem.

Figura 2.8 - Alternativas de transporte rodoviário e intermodal entre origem A e destino B



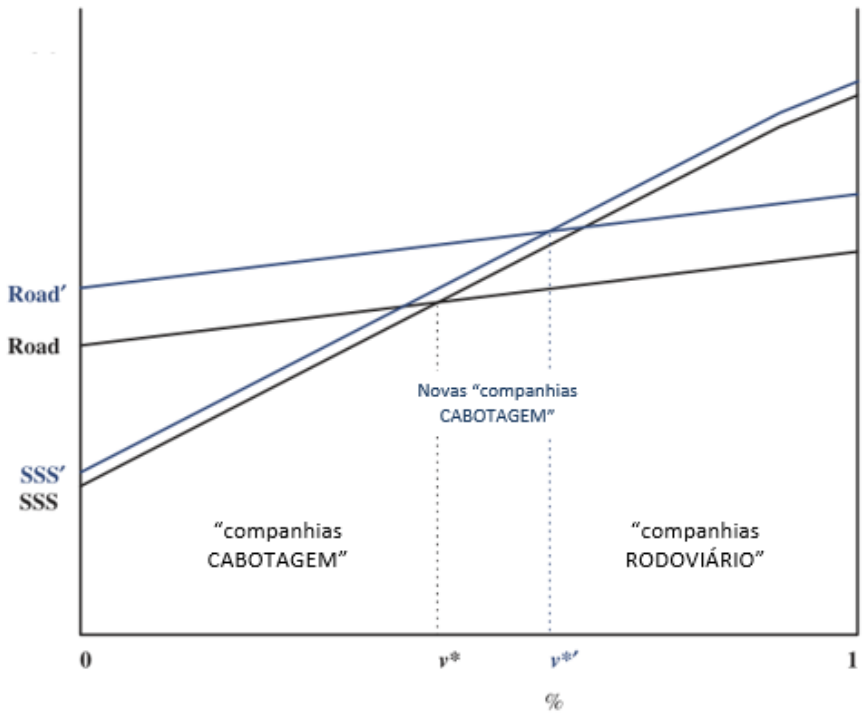
Fonte: Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014)

Para Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014), na prática, um aumento nos impostos do transporte rodoviário diminui a participação desse modal no mercado e, consequentemente, aumenta a participação de mercado do seu concorrente. No entanto, essa redução é condicionada à relação entre os tempos

nos portos e sua ineficiência, sendo simples provar que o impacto dessa política é menos eficaz quando a ineficiência dos portos é alta.

A Figura 2.9 mostra graficamente a mudança na distribuição modal. Um aumento nos impostos do transporte rodoviário aumenta o custo monetário da estrada (Road'), bem como o custo monetário da cabotagem (SSS'). Entretanto, o impacto sobre a opção pelas estradas é maior, quanto menor o trecho rodoviário na opção intermodal. Assim, a transferência modal para a cabotagem é aumentada em v*'- v*%.

Figura 2.9 - Efeitos do aumento de impostos para transporte rodoviário



Fonte: Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014)

O estudo de Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014) se justificou por conta da tendência existente de promoção do uso da cabotagem, com políticas estabelecidas pela União Europeia, que tem se empenhado para obtenção de operações de transportes mais sustentáveis, considerando a inter e a multimodalidade, e pode servir como exemplo direto para obtenção de atividades mais sustentáveis no Brasil. Os autores afirmam que a UE deve defender o

desenvolvimento de uma cadeia de transporte intermodal de mercadorias competitiva, a fim de reduzir a fatia de mercado do transporte rodoviário e, consequentemente, as suas desvantagens.

Segundo Castells, Usabiaga e Martínez (2012), que analisaram os dados fornecidos pela Eurostat Statistics (2012), quase a metade dos volumes das cargas transportadas na Europa são absorvidas pelo transporte rodoviário, seguido pelo transporte marítimo e ferroviário, respectivamente, como principal meio de transporte, e visando melhorar este cenário, a União Europeia tem estudado medidas para incentivar o uso de outros modais de transportes.

Bak e Borkowski (2011) afirmam que um dos principais objetivos da política de transportes da União Europeia é a criação de um sistema de transporte integrado com diferentes modais cooperando e criando oportunidades de viagens e transportes eficientemente. Nesse contexto, a intercambialidade entre os modais em operações multimodais e intermodais deve ser considerada no planejamento dos corredores verdes europeus já que, de acordo com Prause (2014), o transporte verde é baseado na intermodalidade, em grandes centros logísticos de distribuição e avançados sistemas de informação, que melhoram a gestão do tráfego e integram os componentes logísticos de um corredor.

Para Panagakos e Psaraftis (2011), a inter e a multimodalidade têm grande contribuição para o desenvolvimento dos corredores verdes, pois, quando se utilizam os modais de forma integrada, principalmente com operações multimodais, a mudança de concorrência deixa de ser entre empresas individuais e passa a ser entre as cadeias de abastecimento, exigindo seu desempenho otimizado, o que é impossível sem uma conexão modal eficaz e eficiente.

2.2.2.2. Cabotagem

Para que se obtenham operações mais sustentáveis em atividades de transportes, observou-se que o uso da intercambialidade entre modais, através

da intermodalidade e do transporte multimodal, é essencial. Complementando tal afirmação, avalia-se também que o uso do modal aquaviário, principalmente para distâncias maiores que duzentos quilômetros, também contribui significativamente para a obtenção de práticas mais sustentáveis, uma vez que se trata de um modal com maior economia de escala e menor emissão de gases por unidade transportada. De acordo com Lindstad, Asbjørnslett e Strømman (2012), no transporte, as economias de escala geralmente se referem a benefícios obtidos quando veículos menores são substituídos por outros maiores.

Os autores afirmam que o potencial de economias de escala para reduzir os custos de transportes e diminuir a emissão dos gases de efeito estufa pode ser avaliado por meio do cálculo da média da capacidade dos veículos existentes e da comparação com o que poderia ser obtido através da substituição da frota por veículos maiores, ou, por um modal cujas viagens acontecem com maior quantidade de carga, como geralmente é o caso do modal aquaviário.

Paixão Casaca e Marlow (2005) alertam que, para que as operações de cabotagem sejam totalmente entendidas, avaliadas e utilizadas como uma alternativa ao transporte rodoviário, é necessário que sejam reconhecidos os três papéis que tais operações podem desempenhar: (1) transporte interurbano; (2) transporte regional; e (3) transporte internacional marítimo de curta distância.

O primeiro papel só pode ser desempenhado em cidades localizadas ao longo da costa ou acessíveis por via fluvial ou via navegável. Já os papéis (2) e (3), oferecem potencial para o transporte marítimo de curta distância e à integração a cadeias de abastecimento logístico com intercambialidade modal, possibilitando assim a retirada das mercadorias transportadas em rodovias e transferindo-as para o mar. Paixão Casaca e Marlow (2002 apud Morales-Fusco et al., 2013) afirmam que existem muitas definições para a navegação de cabotagem, e que isso depende do contexto e ou tipo de embarcação utilizada.

Brooks (2009) complementa tal informação afirmando que a cabotagem (ou navegação de curta distância) pode ser definida como "'navegação costeira', 'navegação regional', 'via marítima' ou 'autoestradas do mar'", sempre de acordo ao contexto de uso do termo. A partir disso, Morales-Fusco et al. (2013) definem

a cabotagem como a movimentação de cargas e passageiros por via marítima, considerando proximidade à costa.

Não existe taxonomia estrita para a cabotagem, acrescentam Perakis e Denisis (2008), que poderia ser categorizada de acordo com o tipo de carga transportada, os tipos de navios ou os canais e vias aquaviárias utilizados. Os autores, que estudaram a cabotagem realizada na América do Norte, verificaram a grande utilidade que as operações representam para a intercambialidade de modais, principalmente quando as operações utilizam contêineres ou navios Roll On – Roll Off / Lift On – Lift Off para agregar maior eficiência.

De acordo com Valois (2014), transportar mercadorias ao longo da costa brasileira, realizando as operações de carregamento e descarregamento somente nos portos marítimos nacionais, é uma atividade comumente chamada de cabotagem, ou ainda, navegação costeira ou transporte marítimo de curta distância. No Brasil, o termo cabotagem também é definido na Lei 10.893/04, Art. 2° (Brasil, 2004), que descreve a operação como "a navegação costeira, que é realizada entre portos brasileiros, utilizando exclusivamente o mar ou o mar e o interior".

Valois (2014) relata que a operação que, no Brasil, é chamada de cabotagem, é muito semelhante ao Transporte Marítimo de Curta Distância (TMCD), ou *Short Sea Shippping*, realizado na Europa. A Figura 2.10 apresenta uma ilustração da operação de cabotagem no Brasil, destacando a associação com o transporte rodoviário, com listagem de premissas e atividades necessárias para que o setor seja desenvolvido no país.

Figura 2.10 - Representação da Cabotagem "Rodovias do Mar" e premissas necessárias para desenvolvimento do setor

Fonte: o Autor, adaptado de Portal Marítimo

Em seu trabalho, Paixão Casaca e Marlow (2005) identificaram, por meio de um questionário, os atributos das operações de cabotagem e as tendências europeias contemporâneas em logística. Uma de suas conclusões foi que a aceitação pela cabotagem também se relaciona ao tempo de existência da empresa. De acordo com a pesquisa, empresas estabelecidas a mais tempo apresentam maior dificuldade em sair da área de conforto e adotar as operações de cabotagem em substituição às operações já existentes. Além disso, fica claro para os autores que a falta de conhecimento das empresas acerca da cabotagem e suas operações é um grande entrave que precisa ser combatido para o desenvolvimento desse tipo de navegação.

Paixão Casaca e Marlow (2005) consideraram oito variáveis que devem existir nas operações de cabotagem para que sejam a estas atribuídas vários serviços para a integração do transporte marítimo de curta distância em cadeias de transporte de logística multimodal no contexto europeu, mas que poderiam ser

adaptadas para a realidade brasileira. As oito categorias foram determinadas através da agregação de atributos de serviços que poderiam ter algum grau de associação entre eles. As oito variáveis são apresentadas na Figura 2.11.

Figura 2.11 - Relações entre os fatores de serviço e a cabotagem

Fonte: Paixão Casaca e Marlow (2005)

De acordo com Durães Filho et al. (2011), a cabotagem oferece, além das vantagens econômicas relacionadas à capacidade de transporte e eficiência energética das embarcações, possibilidades de melhorias no controle da movimentação das cargas, maior durabilidade de equipamentos e de infraestrutura, principalmente portuária, e possibilidade de redução de congestionamentos, melhorando as cadeias logísticas como um todo. Perakis e Denisis (2008) apresentaram os principais benefícios ambientais obtidos com o uso da cabotagem:

1. Melhoria da eficiência energética. Navios apresentam maior eficiência no consumo de combustível do que os caminhões, além de oferecerem maior economia de escala. Nos EUA, por exemplo, determinados tipos de barcaça podem transportar a carga equivalente a 60 caminhões ou 15

vagões, além de consumir aproximadamente um décimo do combustível consumido pelos caminhões.

2. Redução da poluição atmosférica. O transporte marítimo é mais “amigo do ambiente” quando se leva em consideração as emissões de combustíveis para transporte das mesmas quantidades de carga, à mesma distância. A cabotagem é um meio de transporte mais limpo do que os caminhões e trens quando se analisam as emissões de gases poluentes e de gases do efeito de estufa, como o dióxido de carbono (CO_2), com exceção do dióxido de enxofre (SO_2), emitido devido ao enxofre presente no combustível naval.
3. Mitigação dos congestionamentos rodoviários. A cabotagem pode aliviar os congestionamentos nas rodovias, uma vez que desloca o transporte de mercadorias das estradas para hidrovias e vias navegáveis costeiras, fazendo com que uma quantidade menor de caminhões compita por espaço com os carros. Além disso, os congestionamentos geram custos extras, principalmente os relacionados ao desperdício de combustível. Dessa forma, os caminhões serão utilizados somente nas pontas de uma operação de transporte porta a porta.
4. Melhoria da segurança rodoviária. Além dos enormes custos privados, em consequência da possibilidade de haver perda de vidas, os acidentes rodoviários geram custos adicionais para a sociedade, como despesas médicas, custos policiais e danos materiais. Além disso, os acidentes também podem gerar problemas de congestionamento não recorrentes adicionais quando o tráfego é denso. O transporte marítimo é o modo mais seguro em termos de fatalidades e lesões pessoais.
5. Redução de ruídos nas rodovias. Ruídos geralmente são percebidos pelos residentes urbanos e considerados um problema importante associado ao tráfego rodoviário, tanto em estradas quanto em ruas locais. Além de ser desagradável e causar aborrecimento, os ruídos também contribuem com o surgimento de problemas de saúde, além de as pessoas se sentirem mais diretamente afetadas pelo barulho do que por qualquer outra forma de poluição. Ao remover caminhões das estradas, a cabotagem alivia também a poluição sonora.

6. Redução de custos com infraestrutura. Os custos de capital necessários para a infraestrutura de terminais marítimos de curta distância são significativamente mais baixos do que os custos de infraestrutura para a expansão e manutenção das malhas rodoviárias.

Além das vantagens ambientais e sociais apresentadas, Perakis e Denisis (2008) enumeram vantagens adicionais da cabotagem:

1. Expansão da capacidade da rede de transporte.
2. Aumento de produtividade nos portos.
3. Incentivos à indústria marítima (naval e transportes).
4. Responsabilidade social corporativa.

Perakis e Denisis (2008) também afirmam que, apesar da grande aceitação por parte dos agentes intervenientes à cabotagem, existem obstáculos administrativos, legais, operacionais e financeiros que representam entraves à expansão dos serviços marítimos de curta distância.

Ono (2001) avalia que a cabotagem é um tipo de transporte com potencial para integrar cadeias de transportes que agreguem modais rodoviário e ferroviário à navegação marítima, mas que sua eficiência depende diretamente do desempenho operacional, principalmente nos portos, com a redução do tempo em que os navios permanecem atracados, devendo oferecer qualidade no serviço, como confiabilidade e segurança das cargas manuseadas.

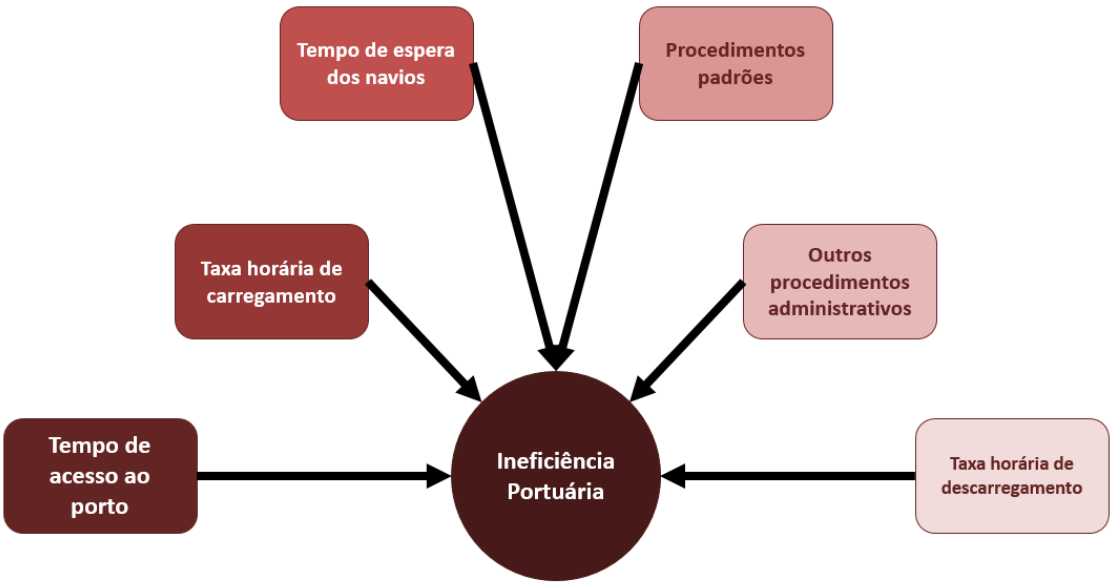
Fadda (2007 apud Valois, 2014) reforça também a necessidade de se garantir infraestrutura de acessos adequados aos terminais portuários onde os navios de cabotagem deverão operar.

Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014) destacam a importância que a eficiência portuária tem para que a cabotagem apresente competitividade frente aos modais terrestres. Tratando do assunto em um contexto do sistema de transportes no continente europeu, os autores reforçam o papel dos portos como nós de transferência modal, e relatam que se trata de terminais fundamentais para a transferência de cargas do modal rodoviário para a cabotagem. Ainda de acordo com Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014), o poder público deve promover a eficiência em todo o sistema ao invés de, por exemplo, dar subsídios

diretamente às empresas. Para chegar a tal conclusão, os autores avaliaram a estrutura de custos da cabotagem na Europa e confirmaram a necessidade de promover melhorias na infraestrutura e na eficiência dos serviços através de um modelo que avaliou uma operação de transporte de mercadorias, entre a mesma origem e destino, com opção na qual se utiliza o transporte rodoviário e através do uso da integração modal entre a cabotagem e rodovias.

Para a análise, Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014) impactaram o tempo da viagem marítima através de um fator relacionado à ineficiência portuária, considerando que o tempo de acesso aos portos e o tempo que os navios esperam para atracar podem aumentar devido à, por exemplo, existência de congestionamento no porto, procedimentos documentais e administrativos, taxas de produtividade baixas de carregamento e descarregamento de mercadorias, ou seja, todas as características que afetam a eficiência dos portos. A Figura 2.12, adaptada desses autores, apresenta os componentes de ineficiência dos portos.

Figura 2.12 - Causas da ineficiência portuária



Fonte: Suárez-Alemán, Trujillo e Medda (2014)

Psaraftis (2005) destaca a importância dada à navegação de pequenas distâncias, ou cabotagem, no continente europeu, e relata que uma série de medidas podem ser utilizadas para transferir as cargas transportadas em rodovias para o modal aquaviário. O autor ainda cita ser de particular interesse a proposta de criação de uma rede de "autoestradas do mar" (*Motorways of Seas – MoS*), descritas por Valois (2014) como um plano concebido para o desenvolvimento de novas alternativas intermodais para cadeias de suprimento e operações marítimas de porta a porta, que ofereçam eficiência e operações realizadas com regularidade.

Segundo Psaraftis (2005), o objetivo das autoestradas do mar, que deveriam ser totalmente implementadas até 2020, é concentrar os fluxos de mercadorias em algumas rotas marítimas, a fim de estabelecer novas ligações viáveis, regulares e frequentes de transporte de mercadorias entre Estados-Membros da UE e, assim, reduzir o congestionamento rodoviário e melhorar o acesso aos países periféricos e insulares. Se todas as medidas em análise fossem implementadas, haveria muitas vantagens, do ponto de vista político, para o transporte marítimo de cabotagem e para o transporte intermodal.

Entretanto, não se pode afirmar que todas as políticas europeias obterão sucesso de qualquer forma. Castells, Usabiaga e Martínez (2012) desenvolveram um modelo para avaliar o desempenho ambiental do transporte marítimo de cabotagem e do transporte rodoviário, estimando as emissões diretas (não considera os custos indiretos), quantificando os seus impactos e comparando-os. De acordo com os autores, a velocidade de serviço das embarcações e as emissões que os diferentes tipos de motores navais realizam durante as fases de operação analisadas (navegação, manobras e tempo atracado) são os fatores que determinam a viabilidade desse tipo de transporte.

2.2.3. Emissões de gases do efeito estufa (*Greenhouse Gas* – GHG)

De acordo com Longo et al. (2014), um grande esforço tem sido feito para melhorar a eficiência energética, como o uso de fontes renováveis de exploração ou a coleta da água da chuva e sua reutilização. Para esses autores, as

emissões de gases do efeito estufa contribuem para as alterações climáticas e aumentam a poluição atmosférica e, por essa razão, é importante quantificar e monitorar os níveis de emissão.

Os gases causadores do efeito estufa, além de causar riscos à saúde das pessoas, também são apontados como responsáveis por impactos nocivos ao meio ambiente, como o aumento da seca, chuvas mais fortes e inundações, aumento do nível do mar e danos aos recursos hídricos, agricultura e ecossistemas (QU, BEKTAS E BENNEELL, 2016). O Quadro 2.2 apresenta os impactos nocivos dos principais gases do efeito estufa.

Quadro 2.2 - Impactos nocivos causados pelos principais gases do efeito estufa

Poluente	Impacto
CO	Atua no sangue reduzindo sua oxigenação, podendo causar morte após determinado período de exposição.
NO_x	Formação de dióxido de nitrogênio e na formação do *smog*[5] fotoquímico e chuva ácida. É um precursor do ozônio.
HC	Combustíveis não queimados ou parcialmente queimados formam o *smog* e compostos cancerígenos. É um precursor do ozônio.
MP	Pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e causar irritações, asma, bronquite e câncer de pulmão. Sujeira e degradação de imóveis próximos aos corredores de transporte.
SO_x	Precursor do ozônio, formando a chuva ácida e degradando vegetação e imóveis, além de provocar uma série de problemas de saúde.

Fonte: Carvalho (2011)

Oliver, Janssens-Maenhout e Peters (2012) afirmam que os países onde há maior atividade industrial são também os que mais contribuem para a poluição

[5] *smog*: palavra de origem inglesa (*smoke* + *fog*) que se refere a um nevoeiro grosso causado por fumaça.

atmosférica a partir de gases do efeito estufa, e destacam ainda a participação das atividades de transportes nessas emissões.

Qu, Bektas e Bennell (2016) afirmam que existem muitas maneiras de se estimar a quantidade de gases do efeito estufa emitidas nas operações de transportes, sendo estas baseadas na produção energética (combustíveis) ou ainda nas atividades realizadas.

Demir, Bektas e Laporte (2011) destacam a necessidade de se contar com métodos eficientes para avaliação das emissões e que sem tais estimativas, não é possível que se reduza efetivamente a quantidade de gases emitidos. Os autores analisaram alguns modelos de estimativas das emissões e suas características, avaliando seus pontos positivos e negativos. Os modelos, basicamente, se baseiam nas informações de projetos dos veículos (massa, aerodinâmica e componentes de força de arrasto), nas características de velocidade de vias e veículos (aceleração, desaceleração, velocidade de cruzeiro), nas características construtivas dos motores, nos modais, etc. Demir, Bektas e Laporte (2011) também avaliam os impactos do vento nas emissões e estabelecem a complexidade de sua avaliação, uma vez que cada modelo tem desempenho diferente em cada situação, ou seja, não há um método uniforme de análise.

Para Demir, Bektas e Laporte (2014), o transporte rodoviário de mercadorias é um dos grandes responsáveis pela emissão equivalente de gás carbônico. Afirmam também que é necessário entendimento dos modelos de emissão de veículos existentes e consideração desses fatores no planejamento e otimização de atividades de transportes.

Os mesmos autores descrevem que, embora as tecnologias de transporte e de combustíveis tenham evoluído ao longo dos anos, a maioria dos caminhões ainda funciona com motores a diesel, que são as principais fontes de emissões de óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado e dióxido de carbono (CO_2).

Em um estudo de caso realizado nas Ilhas Maurício, Sookun, Boojhawon e Rughooputh (2014) analisaram os índices de emissões de gases do efeito estufa e avaliaram que as maiores quantidades emitidas são provenientes das áreas urbanas, por conta do tráfego maior de veículos, embora também seja

significativa a contribuição em áreas rurais. Os autores, entretanto, destacam que, apesar de serem importantes para o estudo de mitigação das mudanças climáticas, as emissões de gases do efeito estufa também são difíceis de serem medidas. Cálculos de emissões, como proposto no estudo, são uma alternativa viável. As emissões de gases do efeito estufa, como dióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O) e metano (CH_4), estão sempre aumentando e outros gases, como óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO) e dióxido de enxofre (SO_2) frequentemente acompanham esse crescimento. Esses cálculos se baseiam nas quantidades de combustíveis consumidos.

Michiels et al. (2012) avaliaram o impacto das emissões de material particulado e óxidos de nitrogênio (NO_x) derivados do modal rodoviário, mais precisamente no tráfego urbano, na saúde das pessoas, bem como os custos externos relacionados. Verificam, através de estudos de caso realizados na Bélgica, que essas emissões tendem a ocorrer em maior quantidade caso os veículos movidos a gasolina continuem dominando o mercado. Verifica-se, que, inclusive, a tendência é de que o diesel acabe sendo um combustível mais limpo que a gasolina no futuro.

Observando especificamente navios e embarcações, embora se trate de modal mais sustentável devido à economia de escala, a situação ainda é preocupante. De acordo com Yang et al. (2012), deve-se atentar aos derramamentos de óleo e às emissões atmosféricas que contém NO_x e SO_x. Os autores afirmam que as emissões dos navios poderão diminuir os benefícios de se reduzir a utilização dos modais terrestres ou fazer com que sejam mais limpas, dependendo dos tratamentos realizados para o modal rodoviário.

Cullinane e Bergqvist (2014) indicam que o transporte marítimo consumiu quantidades estimadas de combustíveis de 279 a 400 milhões de toneladas cujas emissões estão diretamente ligadas a essas quantidades. Fagerholt e Psaraftis (2015) descrevem, dentre outros, o estabelecimento das chamadas Áreas de Emissão Controlada (*Emission Control Areas - ECA's*), nas quais se limitam as emissões de gases com enxofre a 0,1% do enxofre contido no combustível utilizado, o que acabou levando, entre outras situações, ao crescimento do uso de gás natural liquefeito (*LNG*), forma de combustível mais limpa.

Yang et al. (2012) destacam que dentre as medidas estabelecidas na convenção citada, destaca-se o estabelecimento de normas para emissões de NO_x, limitando-se o teor de enxofre nos combustíveis utilizados.

Davydenko et al. (2014) busca apresentar um padrão global para cálculo de emissões de CO_2 nas cadeias de suprimento, a partir da necessidade de se identificarem as melhores práticas e estabelecer comparações entre as existentes. Sua análise mostrou que existem lacunas e ambiguidades que dificultam as comparações entre as cadeias avaliadas. Os autores apresentam uma norma estabelecida pelo Comitê Europeu de Padronização (CEN) para o cálculo de consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa, a EM 16258, e concluem que mesmo essa padronização apresenta diversos pontos negativos e falhas.

2.2.4. As emissões no modal aquaviário

Alguns esforços devem ser concentrados no sentido de obter operações portuárias e uma navegação com emissões reduzidas, uma vez que os navios, por exemplo, são veículos com alto potencial poluidor. De acordo com Gallagher (2005), os navios mercantes têm sido negligenciados em relação à sua contribuição para a poluição do ar. Com efeito, as emissões dos navios foram consideradas recentemente a última fonte desregulada de poluentes atmosféricos tradicionais, e a poluição do ar pelas embarcações tem uma série de efeitos ambientais locais, nacionais e globais significativos.

Gallagher (2005) elaborou um modelo para avaliar os custos da poluição causada pelos navios, uma ferramenta com potencial de suporte à tomada de decisões, e concluiu que os custos econômicos devido à poluição de SO_2, presente nos combustíveis navais, aumentaram de US$ 697 milhões para US$ 3,9 bilhões entre 1993 e 2001, ou de US$ 77 para US$ 435 milhões em uma base anual. Sem respostas e medidas políticas adequadas, pode-se prever que essas tendências e os custos vão continuar no futuro.

Segundo Vutukuru e Dabdub (2008), o teor médio de enxofre nos combustíveis navais é de 2,7% (27,000ppm), enquanto o limite de enxofre no diesel rodoviário, no Estado da Califórnia, por exemplo, é de 0,0015% (15 ppm), portanto, a contribuição das emissões de sulfatos dos navios para o ambiente é de particular interesse. Os autores ainda levantaram com seu estudo de impacto da poluição dos navios à extensão territorial que o transporte marítimo colabora com a poluição do ar por NO_x, SO_x e material particulado (PM), além da formação de ozônio e dos gases causadores do efeito estufa.

De acordo com Corbett, Wang e Winebreak (2007), o transporte marítimo internacional emite vários tipos de poluentes (SO_x, NO_x, material particulado e CO_2) que variam em função do teor de carbono e da densidade de energia do combustível e da eficiência na combustão. Consoante os mesmos autores, os combustíveis navais são um subproduto do petróleo com alto teor de carbono, e os grandes motores de combustão do diesel marítimo convertem quase todo o carbono em CO_2, além de deixar vestígios de partículas de carbono orgânico.

Chang e Wang (2012) afirmam que a poluição dos navios pode contribuir para o surgimento de diversos problemas de saúde. Corbett, Wang e Winebreak (2007 apud Chang e Wang, 2012) estimaram que cerca de 60.000 mortes por doenças cardiopulmonares e câncer no pulmão ocorrem anualmente na Europa, no leste asiático e na costa sul da Ásia por conta de partículas em suspensão (PM) emitidas por embarcações marítimas.

Dentre as alternativas consideradas para mitigar os efeitos poluidores do transporte aquaviário, estão a redução das velocidades dos navios, a operação dos chamados “portos verdes” ou ainda a adoção de taxas portuárias ambientais que, de acordo com Bansal e Roth (2000 apud Bergqvist e Egels-Zandén, 2012) trazem como principal vantagem a sinalização por parte dos portos, operadores e transportadores de que existe um engajamento com a questão ambiental e a mitigação das alterações climáticas.

Para Bergqvist e Egels-Zandén (2012), a ideia principal de se estabelecer um sistema de taxas portuárias, que se relacionam com o transporte na hinterlândia, é a de estabelecer um esquema de cobrança com base na recuperação dos custos internos, facilitando a atribuição das unidades de carregamento. Isso

pode ser feito de acordo com a distribuição modal desejada, podendo partir da perspectiva do porto, de um agente público ou administrador do porto. Torna-se importante avaliar a forma como as partes envolvidas no sistema (*stakeholders*) reagem à utilização das taxas portuárias verdes e como se estabelecem as relações entre elas a partir de tais taxas. Os portos, obviamente, tendem a limitar os incentivos à introdução dessas taxas, uma vez que mais taxas resultam em maiores preços ao consumidor, mesmo que o aumento de preços não seja necessariamente algo ruim para a maioria das empresas. Para os portos, se for para aumentar os preços, é muito mais interessante que isso ocorra através de outras medidas que não o aumento de taxas instituídas para promover ações mais sustentáveis. Além disso, muitos operadores logísticos e transportadores tendem a se opor a essas taxas portuárias verdes, o que corrobora a relutância de alguns portos.

Ainda de acordo com Bergqvist e Egels-Zandén (2012), para os transportadores e operadores logísticos, a utilização das taxas verdes representa aumento dos custos, mas haverá pressão cada vez maior para que eles se adequem a essa nova realidade ambiental. Por outro lado, tais agentes podem enxergar nas taxas portuárias a possibilidade de obtenção de vantagem competitiva em relação a outras empresas menos comprometidas com a questão ambiental. Os sindicatos também têm baixa probabilidade de exigirem a introdução das taxas portuárias verdes, uma vez que o aumento de preços pode afetar negativamente o volume de negócios e isso pode ameaçar os operários do sistema. Sendo assim, segundo os autores, as taxas portuárias verdes deverão ser uma exigência dos agentes intervenientes que fazem parte de uma perspectiva estritamente não comercial, como proprietários públicos, governos locais, organizações não governamentais ou a mídia. Para esses interessados, as taxas portuárias verdes representam ferramenta que pode ajudar a resolver inúmeros desafios ambientais e sociais. As ONG’s, por exemplo, são os agentes que mais têm maior probabilidade de pleitear a introdução das taxas verdes, mas sua influência sobre outros interessados é reduzida, apesar de sua legitimidade como agente do sistema.

Por fim, Bergqvist e Egels-Zandén (2012) apresentam alguns motivos que justificam a utilização das taxas portuárias específicas para desenvolvimento da

sustentabilidade. Dentre os motivos, destacam-se a possibilidade de diminuição das filas e congestionamentos nos portos por conta de maior eficiência nas atividades, obtidas com intervenções possibilitadas pela maior arrecadação, já que, dependendo da forma como as taxas portuárias são utilizadas, pode haver investimento em infraestrutura e novos equipamentos, promovendo aumento significativo na eficiência das operações de transporte. Do ponto de vista social, a utilização global da infraestrutura permite o uso eficiente dos recursos e investimentos, além disso, a eficiência ambiental melhora a forma como uma cidade distribui o tráfego existente, minimizando o impacto local e mitigando efeitos como a poluição, ruídos, vibrações, etc.

Kontovas e Psaraftis (2009) analisaram as implicações das várias políticas de redução de emissões para a logística marítima. Alguns *trade-offs* devem ser considerados ao se analisar os benefícios ambientais associados a medidas como a redução da velocidade ou a alteração do número de navios na frota, com atributos logísticos convencionais, como administração de estoques em trânsito e os próprios custos que podem ser gerados. Os autores relatam o fato de o consumo de combustível ser uma função não linear, muitas vezes proporcional ao cubo, à velocidade, e que, inclusive por razões comerciais, a redução das velocidades tem sido medida adotada em tempos de altas nos preços do combustível, contribuindo também para redução das emissões.

A redução de velocidade, segundo Cariou (2011), tornou-se cada vez mais comum no transporte marítimo regular, conforme a capacidade das embarcações e o preço dos combustíveis aumentam. O autor afirma que a redução de emissões por conta da menor velocidade dos navios é um efeito que merece atenção, especialmente para navios porta-contêineres, que representam 4% de todas as embarcações marítimas e foram responsáveis por 20% das emissões geradas pelo transporte marítimo internacional em 2007 (Psaraftis e Kontovas, 2010), até por se tratar de uma classe de navios que navega a maiores velocidades. Reduzir a velocidade de um navio em 10% diminui as emissões em pelo menos 10-15%, mas também cria perdas substanciais nas receitas, conforme observa Psaraftis e Kontovas (2010), inclusive por conta da menor quantidade de viagens completas realizadas por um dos veículos da frota.

Outro fator importante que surge em relação à intermodalidade, mais utilização dos modais aquaviários e à necessidade de desempenhar as atividades de transportes com maior sustentabilidade é a adequação dos terminais portuários à necessidade de novas estratégias ambientais. Longo et al. (2014) relatam que a sustentabilidade dos portos marítimos (nós primários em cadeias globais de suprimento) se tornou uma questão crítica nos dias de hoje, especialmente para grandes portos, situados próximos a grandes cidades. Consequentemente, uma nova modalidade de terminais portuários vive uma fase de expansão e é objeto de projetos e pesquisas: os portos verdes.

Os portos verdes, de acordo com Ying e Yijun (2011), são a última tendência em desenvolvimento portuário contemporâneo, e podem ser considerados modelo ideal, símbolo de mudança significativa nas atividades humanas. Devem ser portos que combinem, abranjam e integrem órgãos sociais, econômicos, culturais, ambientais e outros fatores. Esses portos verdes ajudam a defender a estabilidade social e da civilização, cujo elemento básico mais profundo é a harmonia entre homem e natureza. As atividades desempenhadas em um terminal portuário desse tipo devem garantir a boa qualidade do ambiente e dos recursos econômicos, além de bons atributos ecológicos e de uma boa gestão ambiental, que possibilitam alcançar a eficiência econômica e o desenvolvimento sustentável e ecológico de tais portos.

Ying e Yijun (2011) descrevem parte da experiência vivida na busca que o Porto de Tianjin, na China, realizou por medidas e tecnologias que transformassem suas operações em mais sustentáveis, possibilitando que o porto fosse considerado verde. Dentre as ações adotadas, podem ser citadas a adequação das instalações de tratamento de resíduos sólidos, intervenções nos sistemas de emissão de gases da cantina existente para os funcionários e proteção dos sistemas de emissão do carvão movimentado no terminal. Além disso, o Porto de Tianjin padronizou seu modelo de gestão ambiental, formulando e emitindo regulamentos de controle da poluição atmosférica e outros regulamentos relacionados à poluição da água e aos resíduos.

Ainda de acordo com Ying e Yijun (2011), a construção de um porto verde é o ajuste das atividades portuárias, que visa proteger as funções ambientais no local, para atender às necessidades de desenvolvimento sustentável no terminal.

Sua construção deve incluir áreas costeiras e planejamento de desenvolvimento do porto, tomada como parte do planejamento portuário. Para que isso seja possível, é preciso coordenar o projeto em fases, com foco alinhado às capacidades.

Para Bergqvist, Macharis e Woxenius (2015), devido ao fato de os portos serem nós fundamentais do sistema de transporte global, torná-los sustentáveis terá enorme impacto sobre a sustentabilidade de todo o sistema. Incentivar melhor cooperação entre os portos é uma possibilidade que permitiria a segmentação e agregação de mercadorias. Além disso, o maior enfoque da sustentabilidade nos portos exige estratégias ambientais e mecanismos de governança com foco não apenas no transporte marítimo, mas também sobre o sistema de transporte de suas hinterlândias.

Van Lier e Macharis (2014) mapearam, em detalhes, as emissões atmosféricas que acontecem devido às atividades de transporte em hidrovias, ou à navegação interior como um todo, a partir do ciclo de vida dessas operações. Cálculos que levavam em consideração os tipos de barcaças utilizadas revelaram que, não surpreendentemente, as maiores embarcações geralmente são mais amigáveis ao meio ambiente durante a viagem, devido aos efeitos da economia de escala. No entanto, diferenças entre classes consecutivas podem ser pequenas ou até mesmo favoráveis para as barcaças menores e isso pode ocorrer por conta da idade dos motores por tipo de barcaça, por diferenças na eficiência das queimas de combustível e utilização de uma taxa de carregamento média.

O estudo de van Lier e Macharis (2014) considerou também as emissões indiretamente ligadas à utilização operacional das barcaças, ou seja, aquelas que ocorrem durante a exploração, o refino, o transporte e a armazenagem de combustíveis utilizados durante a viagem.

Longo et al. (2014) destacam a necessidade de se quantificar e monitorar os níveis de emissão. Howitt et al. (2011 apud Longo et al., 2014) consideram que os portos são nós vitais de infraestruturas de transporte e cadeias de suprimento, portanto, vale a pena avaliar a tipologia e as quantidades de emissões liberadas na atmosfera como resultado de processos portuários.

De Meyer, Maes e Volckaert (2008) também verificaram uma forte necessidade de se manter registros confiáveis acerca dessas emissões e buscaram criar uma metodologia para isso. Sua pesquisa resultou em um modelo que pode ser usado para produzir inventários anuais de emissões marítimas internacionais na Bélgica, proporcionando melhor visão dos inventários de emissões em escala nacional. Segundo os autores, as emissões de CO_2 do transporte marítimo internacional não são oficialmente quantificadas. Estimativas baseadas nas quantidades de *bunker* consumidas e dados mais precisos sobre as emissões contribuirão para a discussão científica do assunto.

2.2.5. Técnicas e tecnologias sustentáveis

Devido à importância e relevância que passaram a ser dadas às emissões de gases do efeito estufa nos últimos anos, novas técnicas operacionais e tecnologias vêm sendo desenvolvidas para mitigar o problema. Sendo as atividades de transportes grandes responsáveis pela poluição atmosférica, os métodos operacionais relacionados a essas atividades também são objeto de estudos que buscam reduzir as emissões com pesquisa e inovação.

O governo dos Estados Unidos, por exemplo, salientam Guerrero, Madanat e Leachman (2013), exige que os caminhões que trafegam em suas rodovias devam contar com as chamadas tecnologias de economia de combustíveis, como pneus de baixa resistência ao rolamento, ferramentas de redução do arrasto aerodinâmico, fluídos de transmissão de baixa viscosidade, etc. Os autores destacam também que existe um esforço em se diminuir as emissões de caminhões por se tratar de um modal que polui mais que os outros, e que reduções nesses outros modais podem ser mais caras e menos impactantes.

Outro fator abordado é que as reduções de emissões dos gases do efeito estufa podem ser obtidas a partir de incentivos e estratégias regulatórias, como impostos sobre os combustíveis, milhagens, subsídios e oferta de financiamento para tecnologias mais sustentáveis. Os autores avaliam os efeitos de intervenções governamentais na utilização de caminhões para o transporte de mercadorias.

Cinco fatores, definem Demir, Bektas e Laporte (2014), influenciam nos níveis de emissão de gases poluentes em uma viagem rodoviária para transporte de cargas: velocidade, ambiente operacional, tráfego, motoristas e operações.

Wang, Rodrigues e Evans (2015) investigaram empiricamente de que forma as tecnologias de informação podem contribuir para a redução nas emissões de CO_2 no transporte rodoviário, através de técnica de estudo de multicasos, aplicada na indústria de itens para supermercados. Os autores verificaram que as tecnologias de informação impactam positivamente nas emissões de CO_2 no transporte rodoviário, contribuindo para o aumento da eficiência energética dos veículos com melhor roteirização e planejamento de viagens.

Yang et al. (2012) pesquisaram seis tecnologias desenvolvidas para reduzir as emissões de NO_x no transporte marítimo e as estratégias utilizadas para melhorar os índices de emissão de SO_x, dado que a única tecnologia disponível com essa finalidade é a da limpeza dos gases de escape ou substituição do *bunker* como combustível naval. Os autores utilizaram o método *AHP - Analytic Hierarchy Process*[6] (processo de análise hierárquica) para verificar as melhores tecnologia e método, considerando critérios como os custos de capital, de instalação, de operação, vida útil do sistema e percentual de redução das emissões.

Para controlar as emissões de NO_x, Yang et al. (2012) apontam seis alternativas: modificações internas nos motores, sistema de injeção contínua de água, emulsões aquosas combustíveis, injeção direta de água nos motores, motores úmidos e redução catalítica seletiva. Já para o controle das emissões de SO_x, apontam quatro estratégias, a mudança do combustível utilizado, instalação de tanques separados, mistura de combustíveis e sistema de limpeza dos gases de exaustão.

Dentre as alternativas, Yang et al. (2012) concluíram que, para diminuir a emissão de NO_x, as mais efetivas são a redução catalítica seletiva e os motores úmidos, embora não sejam alternativas baratas. Já para reduzir a emissão de SO_x, apontam-se a mudança do combustível e a instalação de tanques

[6] O *AHP* é um método para auxiliar na tomada de decisões complexas. Mais do que determinar qual a decisão correta, o *AHP* ajuda as pessoas a escolher e a justificar a sua escolha.

separados, com a limpeza de gases de exaustão podendo ser utilizada caso haja, no futuro, restrição maior em relação às emissões de gases de enxofre.

Fagerholt e Psaraftis (2015) descrevem três métodos utilizados para se operar nas chamadas Áreas de Controle de Emissões (*ECA's*). A primeira delas é a técnica de troca de combustíveis, através da qual os navios operam com combustíveis mais pesados e mais baratos fora das *ECA's* e operam com o chamado gasóleo naval nas áreas controladas, o que exige tanques separados nos navios, além de modificações nos sistemas de bombeamento e resfriamento dos motores.

O segundo método descrito é a instalação de um sistema de limpeza e filtragem para remover o enxofre dos gases de escape, não considerado rentável. O terceiro envolve o uso de gás liquefeito natural (*LNG*) como combustível, alternativa que praticamente elimina as emissões de enxofre e de muitas outras substâncias, como os óxidos de nitrogênio (NO_x). Para que se utilize o *LNG*, entretanto, são necessários investimentos elevados na modernização do navio, de modo a permitir o armazenamento e a queima do *LNG*, bem como adequação das instalações utilizadas para abastecimento nos portos.

Kontovas (2014) relata que existe relação direta entre a velocidade e a ocupação do navio e a quantidade de gases CO_2, SO_x e NO_x emitidos na atmosfera. O autor apresenta um modelo denominado de "Problema de Roteirização e Planejamento Verdes de Navios" ("*Green Ship Routing and Scheduling Problem*" - *GRSP*), a partir do qual se define a melhor maneira de um navio percorrer o trajeto a vários portos, economizando combustíveis e reduzindo as emissões.

Existem também alternativas para melhoria da sustentabilidade ambiental nas operações do modal ferroviário. Gangwar e Sharma (2014) apresentam uma técnica denominada "escolha de tração" aplicada a ferrovias indianas. Esta técnica se refere à capacidade de tração das locomotivas utilizadas, que variam de acordo com o tipo de energia consumida: locomotivas elétricas são mais leves e movimentam menos vagões que locomotivas a diesel, mais robustas. Escolher a tração ideal significa determinar uma capacidade de tração necessária para uma locomotiva e, a partir disso, combinar o uso dos dois tipos de energia no transporte.

Lättilä, Henttu e Hilmola (2013) descrevem as vantagens que a utilização de portos secos podem trazer com a redução da emissão de CO_2 ao se trocar um trecho modal rodoviário por um ferroviário ao mesmo tempo em que as operações nos terminais se tornam mais rápidas.

2.3. Ambiente Regulatório

Para que se estabeleça e se implemente um corredor de transportes, muitos entraves operacionais e de infraestrutura podem existir. Entretanto, não se pode deixar de considerar os fatores relacionados às regulamentações e leis locais, que também restringem algumas operações de transportes necessárias ao funcionamento de um corredor.

Outro fator que pode dificultar o desenvolvimento de sistemas de transportes mais sustentáveis é a grande quantidade de agentes intervenientes (*stakeholders*) que exercem influência nas operações. De acordo com Bergqvist, Macharis e Woxenius (2015), autoridade portuária, operadores de terminais portuários e de terminais interiores, governos, fornecedores de serviços de logística, transportadores, ONGs e sindicatos podem ser citados como partes interessadas somente para o sistema portuário, componente importante para obtenção da sustentabilidade, e todos eles são afetados por estratégias que tornem os portos mais sustentáveis, pois têm objetivos em comum, como o crescimento dos volumes movimentados no porto (lucro), a redução do impacto ambiental das atividades relacionadas aos transportes e o bem-estar dos cidadãos, no entanto, o peso atribuído a esses objetivos diferentes pode diferir consideravelmente, desde totalmente sem importância para importância alta.

Sendo assim, é pertinente que se avalie também o ambiente regulatório, atentando-se às estruturas governamentais responsáveis pela administração e fiscalização do sistema, aos regimes de tributação impostos aos operadores, como o fator burocracia impacta no desenvolvimento do sistema, quais os processos de gestão indicados, etc. Surge, portanto, a necessidade de se avaliar a bibliografia que relaciona as operações de transportes com o que neste

trabalho é chamado de ambiente regulatório, visando posteriormente um panorama da realidade brasileira.

Panagakos e Psaraftis (2011), ao analisar as condições existentes para implementação do Projeto *SuperGreen* de sustentação aos corredores verdes, destacam que o excesso de leis e regulamentações também não pode ser esquecido, embora melhorias em determinados aspectos regulatórios possam indicar problemas por outro lado. Nesse contexto, apresentam três exemplos em que isso pode ser observado:

O primeiro deles é o Índice de Eficiência Energética e *Design*, fórmula concebida pela *International Maritime Organization - IMO*[7], ou seja, um parâmetro regulamentado, para a construção de navios com potência mais baixa que, se precisarem navegar em velocidades mais altas ou ainda se manter em navegação sob condições de mau tempo, podem emitir desproporcionalmente mais CO_2.

O segundo exemplo ocorreu nos EUA e refere-se à exigência de verificação de 100% dos contêineres destinados ao país, o que pode criar muitos gargalos e efeitos adversos sobre o tempo de transporte e os custos com a redução de rendimento da capacidade portuária.

O terceiro exemplo é a sugestão da *IMO* para que se reduza o teor de enxofre no óleo combustível queimado por navios, de 1,0% para 0,1%, nas áreas de controle de emissão de enxofre que, se aplicada, pode aumentar significativamente os custos operacionais da cabotagem, levando à queda na sua utilização e muitas cargas a serem transportadas pelo modal rodoviário, ou seja, alcançando efeitos opostos aos desejados.

Em seu estudo para entender as escolhas modais em trajetos de curtas distâncias, Reis (2013) também relata a importância de se avaliar os impactos da estrutura regulatória existente. O autor utiliza a modelagem baseada em agentes, uma ferramenta de simulação que recria em um contexto virtual as interações e comportamentos de um conjunto de agentes autônomos e seu ambiente, considerando que “qualquer sistema é constituído por um conjunto de

[7] *International Maritime Organization – IMO* é um órgão especializado ligado à ONU e responsável por melhorar a segurança marítima e prevenir a poluição por navios.

entidades - agentes - que interagem entre si e com um ambiente que suporta a sua própria existência". O modelo construído por Reis (2013) adota uma abordagem em três camadas, sendo: transporte físico, mercado (tomada de decisões) e regulamentação, que representa o poder público, responsável pela concepção das políticas consideradas (como a tributação ou pedágios).

Reis (2013) afirma também ser preciso considerar a influência da heterogeneidade individual dos diversos agentes na evolução do sistema de transporte de mercadorias e, portanto, escolhas desagregadas, ou decisões tomadas por apenas um dos responsáveis, podem não corresponder à necessidade real dos outros envolvidos.

Os governos têm responsabilidade direta no sucesso do advento de operações de transportes ou corredores mais sustentáveis uma vez que possuem papel essencial nas práticas relacionadas ao transporte. De acordo com Schmidtchen et al. (2009 apud van Lier e Macharis, 2014), com a insuficiência do mecanismo de mercado para se alcançar um ótimo social, surge uma justificativa para a intervenção de agentes governamentais e públicos. A política europeia de transportes, por exemplo, propõe uma internalização dos custos externos, a fim de iniciar uma transferência dos serviços de transporte de modais menos sustentáveis para outros melhores do ponto de vista ambiental e contribuir socialmente com as opções de transporte (Comissão Europeia, 2011). Uma avaliação correta das externalidades negativas, porém, é um elemento crucial, mas complexo, em tal abordagem.

A concepção e construção de um índice que capta a internalização das externalidades do transporte, para Bergqvist, Macharis e Woxenius (2015), é de particular interesse para futuras pesquisas. Combinar índices de sustentabilidade com índices das atividades de transporte tem o potencial de segmentar as taxas e encargos ambientais em toda a cadeia de transporte, o que pode ser de particular importância para as partes interessadas, tais como portos, carregadores, autoridades de infraestrutura.

Linton, Klassen e Jayaraman (2007) analisaram os impactos que a adoção de práticas sustentáveis traz às operações das cadeias de suprimentos. Segundo os autores, integrar os conceitos de sustentabilidade com a legislação vigente

altera o ambiente interno das empresas, sendo necessárias mudanças significativas nas práticas de gestão, criando novos sistemas, mostrando a interferência que o ambiente empresarial exerce. Segundo Wu e Pagell (2011), no cenário de avanço das práticas sustentáveis, as organizações serão obrigadas a navegar em um ambiente dinâmico, sem um roteiro claro, uma vez que o *trade-off* entre a rentabilidade e sustentabilidade gera uma série de riscos e incertezas.

A investigação sobre as implicações operacionais das diversas políticas e como as empresas podem integrar a sustentabilidade é fundamental, uma vez que as tendências legais vigentes forçarão muitas dessas mudanças mesmo que as pesquisas acadêmicas ou as atividades na prática estejam ou não preparadas.

Cabe analisar, também, a influência que o ambiente financeiro, político e administrativo criado pelas regulações exercem nos portos marítimos, importantes nós das cadeias logísticas e essenciais para a concepção de corredores de transportes, incluindo os corredores verdes. Bergqvist e Egels-Zandén (2012) citam que, ao redor do mundo, os portos possuem forte tendência de serem ligados ao poder público, devido à sua natureza, dimensões e perspectivas de longo prazo, além dos investimentos necessários. Por outro lado, as operações frequentemente são privatizadas. Para os autores, essa grande incidência de administração pública é fundamental para a compreensão de como os portos podem moldar o desempenho socioambiental dos sistemas de transportes, uma vez que permitem a internalização das externalidades sociais e ambientais, e dessa forma, os portos tornam-se peça-chave para os sistemas de transportes, do ponto de vista socioambiental.

Segundo Bergqvist, Macharis e Woxenius (2015), o maior enfoque da sustentabilidade nos portos exige estratégias ambientais e mecanismos de governança com foco não apenas em transporte marítimo, mas também sobre o sistema de transporte de suas hinterlândias. Sobre governança, os autores definem como um “processo de distribuição de autoridade, alocação de recursos e gerenciamento de relações com o objetivo de alcançar um resultado desejado”, e relatam sua importância em um ambiente portuário o qual se deseja tornar ambientalmente eficiente. Entretanto, a implementação das estratégias é muito difícil, devido aos inúmeros atores envolvidos que, muitas vezes, operam sob

objetivos conflitantes, da mesma forma que ocorre na cadeia de suprimentos como um todo.

De acordo com Longo et al. (2014), o mercado e pressões governamentais tornam o desenvolvimento sustentável uma questão crítica na gestão e no controle dos portos. Psaraftis (2005) apresenta em seu trabalho uma abordagem mais "holística" ao fazer um balanço no amplo espectro de legislação que afeta os portos da UE, tanto no que diz respeito à orientação geral da política de transportes da Comunidade Europeia quanto em matéria de segurança e proteção do meio ambiente. Dada a impressionante variedade de regulamentos, já em exercício ou planejados para o setor portuário, é justo que se tente fazer uma avaliação de sua eficácia global, tentando identificar problemas, desafios e oportunidades, juntamente com recomendações de melhorias. Segundo o autor, a situação poderia ser melhor caso os tomadores de decisões políticas nesses portos tivessem acesso a um conjunto de ferramentas e a um grupo de especialistas que pudessem ajudá-los na análise das alternativas e na formulação de políticas proativas.

A gestão ambiental portuária, particularmente durante a fase operacional, destacam Ying e Yijun (2011), é a chave para o desenvolvimento sustentável de um porto. Portanto, é necessário intensificar a gestão ambiental e integrar a consciência de proteção do meio ambiente na gestão portuária. Os autores também citam que o ambiente regulador é um importante incentivador para a existência dos chamados portos verdes, pois, para que o meio ambiente e sua preservação não se tornem uma despesa, é necessário que tais portos tenham benefícios econômicos e que se fortaleça a gestão ambiental. Os mesmos autores afirmam que a construção de um porto verde é demorada, abrangente, sistemática e complexa, pois trata-se de uma decisão estratégica que depende de muitos fatores, como a melhoria das políticas e regulamentações e inovação do sistema de gestão e de outros aspectos.

Um exemplo de como o ambiente regulatório pode interferir nas operações sustentáveis de um terminal portuário são as chamadas taxas portuárias verdes. Bergqvist e Egels-Zandén (2012) examinaram uma estratégia de regulamentação para portos verdes e mostraram como a integração logística entre o porto e sua hinterlândia abre a possibilidade de se exercerem tarifas

portuárias diferenciadas que podem ser utilizadas como ferramenta de internalização dos custos nos sistemas de transporte, garantindo sua eficácia.

Para Bergqvist e Egels-Zandén (2012), é muito importante avaliar a forma como as partes envolvidas no sistema (*stakeholders*) reagem à utilização das taxas portuárias verdes e como se estabelecem as relações entre eles a partir de tais taxas. Os portos tendem a limitar os incentivos à introdução dessas taxas, uma vez que resultam em maiores preços ao consumidor, mesmo que não seja necessariamente algo ruim para a maioria das empresas. Para os portos, aumentar seus preços é mais interessante que seja feito por outras medidas que não o aumento de taxas referentes à sustentabilidade. Além disso, muitos operadores logísticos e transportadores tendem a se opor a essas taxas portuárias verdes, o que corrobora a relutância em alguns portos. Assim, os autores decretam que as taxas portuárias verdes devem ser exigidas pelos agentes interessados a partir de perspectiva não estritamente comercial, como proprietários públicos, governos locais, organizações não governamentais ou a mídia.

Para aumentar a viabilidade de taxas portuárias diferenciadas, Bergqvist e Egels-Zandén (2012) sugerem que uma regulamentação em âmbito de uma área maior, em oposição a uma única autoridade portuária, iria minimizar a distorção da concorrência. A área de regulamentação poderia ser definida por fronteiras administrativas ou considerações funcionais, como determinar a região geográfica que mais sofre os danos da emissão de gases poluentes emitidos nos portos, por exemplo.

O ambiente regulatório também é importante para a concessão de terminais intermodais e portos, essenciais para o bom desempenho de um corredor verde. Segundo Monios e Bergqvist (2015), os contratos de terminais intermodais são bastante variados, com pouca padronização de procedimentos, requisitos, riscos ou incentivos, mesmo dentro de um único país. Além disso, em muitos casos, uma transferência de um terminal portuário público a um operador privado não é uma ação pontual, mas um processo contínuo de reforma da governança, levando a numerosos paralelos com a governança de terminais intermodais.

Engström (2011) afirma que os corredores verdes permitirão soluções de transportes em grande escala e em longo prazo através de infraestrutura suficiente e atrativa, mas é muito importante que haja um quadro de regulamentação de apoio bem definido.

Com o objetivo de identificar os fatores que podem favorecer ou dificultar o desenvolvimento de um corredor verde, Panagakos e Psaraftis (2011) descrevem algumas etapas do projeto "*SuperGreen*" para implementação de corredores verdes na Europa. Segundo os autores, foi realizada extensa pesquisa bibliográfica, que resultou em cerca de 80 mudanças no ambiente operacional e na regulação. Nota-se que, ao avaliar o impacto de uma mudança específica, isso deve ser feito sem que se considerem os outros fatores, mantidos inalterados, e na maioria dos casos tal suposição dá mais ênfase aos efeitos em curto prazo de determinada mudança.

Panagakos e Psaraftis (2011) determinaram alguns critérios para avaliar o impacto de algumas medidas nos principais indicadores de desempenho (*KPI's*), e as conclusões e avaliações realizadas pelos autores são baseadas em respostas de diversos agentes intervenientes entrevistados.

As análises foram apresentadas em tabelas, considerando os efeitos em diversos ambientes, dentre eles o ambiente de negócios. Nesses quadros, o grau de importância dos efeitos de cada mudança está representado por símbolos, de acordo com os significados:

- + Aumento moderado
- ++ Aumento significativo
- +++ Aumento muito significativo
- - Redução moderada
- -- Diminuição significativa
- --- Diminuição muito significativa
- +/- Duas forças diferentes trabalham em direções opostas
- (+) Efeitos potenciais
- +(-) Aumento moderado, mas decréscimo potencial em condições específicas.
- Nenhum símbolo significa efeitos não esperados.

O Quadro 2.3 apresenta, portanto, os impactos que mudanças no ambiente regulatório causam no ambiente de negócios, de acordo com Panagakos e Psaraftis (2011).

Quadro 2.3 - Efeitos de variáveis do ambiente político e regulador no ambiente de negócios

No	VARIÁVEL	CUSTO	TEMPO	CONFIANÇA	FREQ.	CO_2	SO_3
1	Tamanho populacional	+/-	-	+		-	-
2	Envelhecimento populacional	+/-					
3	Migração líquida para a UE	-					
4	Aumento da mobilidade dos trabalhadores	-					
5	Urbanização/expansão	++/--	++/--		++	++/--	++/--
6	Crescimento da individualização	+	-	+	+	+	+
7	Proliferação de negócios eletrônicos	+/-	-	+	+	+/-	+/-
8	Crescimento da atividade econômica	++	+		+	++	++
9	Globalização	+				+	+
10	Convergência tecnológica	+				+	+
11	Alargamento da UE	++/--	+	-		++	++
12	Integração da UE	++	+	-	+	++	++
13	Crescimento da escassez de combustíveis fósseis	+++	-		-	-	-
14	Crescimento da consciência social e ambiental					--	--

Fonte: Panagakos e Psaraftis (2011)

Já o Quadro 2.4 apresenta o impacto que algumas mudanças têm no ambiente das políticas públicas.

Quadro 2.4 - Efeitos de variáveis do ambiente político e regulador nas políticas públicas

No	VARIÁVEL	CUSTO	TEMPO	CONFIANÇA	FREQ.	CO_2	SO_3
1	Liberalização de operações de transporte	--(-)	--(-)	++(+)	++	--(-)	--(-)
2	Internalização de custos externos	++				--	--
3	Estabelecimento de padrões de consumo de energia/emissão/ruído e outras medidas	+				--	--
4	Reforçar/harmonizar normas de segurança ("*safety*")	+		+			
5	Reforço das normas de seguridade ("*security*")	+/-	+	+			
6	Padronização de unidades de transporte e veículos	+/--	--	++		-(+)	
7	Harmonização da infraestrutura	+/--	--	++		--	--
8	Harmonização de regras e execução	-		+		-	-
9	Padronização de responsabilidade e documento do transporte multimodal	-				(-)	
10	Simplificação da administração	--	--				
11	Criação de corredores voltados ao transporte de mercadorias	-	---	+++		(--)	(--)
12	Desenvoltura de corredores verdes	-		++		--	--

No	VARIÁVEL	CUSTO	TEMPO	CONFIANÇA	FREQ.	CO_2	SO_3
13	Emprego de instrumentos para financiar ações de infraestrutura e outros	--(-)	--(-)	++(+)		--(-)	--(-)
14	Instauração de aplicações de tecnologia da informação no mercado	--	--	++		--	--
15	Melhoria na educação e treinamento	-	-	+		-	-
16	Condições de trabalho satisfatórias	-		+		-	-
17	Apoio à pesquisa e desenvolvimento	--	-	+		---	---
18	Educar, informar e envolver o público em políticas de transportes	-	-	+		-	-
19	Controle e publicação dos indicadores de qualidade de serviço	-	--	++		-	-
20	Promoção de cooperação internacional com países vizinhos da EU	(-)	(-)	(+)			
21	Contratos públicos ecológicos					-	-

Fonte: Panagakos e Psaraftis (2011)

Avalia-se que a escassez de combustíveis fósseis, por exemplo, pode ser algo de grande impacto para o ambiente de negócios, uma vez que isso deveria aumentar os preços desse produto e o mesmo interferir diretamente na oferta e na demanda por transportes. Além disso, o Quadro 2.4 mostra que criar corredores de transportes pode levar à necessidade de se considerarem novas políticas públicas para o transporte de mercadorias.

Em um contexto nacional, Quadros e Nassi (2015) apresentaram um estudo das prioridades dos critérios levados em consideração nas decisões sobre

investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil, com uma ferramenta baseada no uso do Processo de Análise Hierárquica - AHP. Os autores consideraram um conjunto de sete critérios (redução de custos de transportes, expansão da viabilidade dos projetos, expansão da integração modal, expansão da oferta de transportes regional, redução de ineficiências, redução de impactos ambientais e redução da emissão de agentes poluidores), estruturados em quatro grupos: logística/transporte, econômico/financeiro, social e ambiental. Representantes desses quatro grupos, que contribuem para a tomada de decisão sobre o transporte no Brasil, foram avaliados para que se encontrassem os seus diferentes pontos de vista sobre os critérios. Dessa forma, observa-se como as decisões de transportes podem, muitas vezes, gerar conflitos de interesses entre os agentes intervenientes, dificultando o desenvolvimento sustentável das operações.

Assim, cada especialista comparou os pares de critérios apresentados e ponderou a sua importância relativa, atribuindo pesos com base na escala utilizada no método AHP. Essas comparações não consideram que os projetos devem ser priorizados, mas apenas a importância de cada critério em relação aos outros. De acordo com os autores, no Brasil, a complexidade intrínseca ao planejamento de transportes começou a ser percebida na década de 90, mas apenas com a elaboração do Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT (Ministério dos Transportes e Ministério do Desenvolvimento, 2007) observou-se explicitamente uma abordagem científica e metodológica aplicada em favor de avaliações integradas à rede de transportes brasileira.

3. CORREDORES VERDES

Neste capítulo será apresentada e discutida a principal temática abordada por este trabalho: corredores verdes. A discussão parte de um levantamento bibliográfico sobre o assunto, uma análise de trabalhos acadêmicos, pesquisas e projetos desenvolvidos, principalmente em âmbito do continente europeu, que tratam da concepção, implementação e avaliação dos chamados *green corridors*.

De acordo com Psaraftis e Panagakos (2012), não existe uma definição explícita e apropriada para o conceito de corredores verdes. Para tratar o assunto de forma lógica e direta, neste capítulo, será proposta uma definição para os corredores verdes adequada à realidade brasileira.

Inicialmente, para entender do que se trata um corredor verde, é necessário entender sua relação com políticas de transporte, sustentabilidade, tecnologia e utilização de recursos, bem como sua origem e em qual sentido seu desenvolvimento deve orientar as atividades de uma cadeia de abastecimento. O estudo de casos de sucesso, projetos de implementação e corredores já existentes também ajuda a entender o conceito apresentado e as metodologias consideradas para a concepção em âmbito internacional, principalmente na Europa, onde os corredores verdes estão no foco de pesquisas, debates políticos, permitindo parcerias entre as empresas, universidades e governantes.

Finalmente, as medidas de desempenho das operações desses corredores, índices de referência e possibilidades de melhorias devem ser entendidas, possibilitando, portanto, a avaliação de corredores brasileiros.

3.1. Uma visão geral dos corredores verdes

O termo "*Green Corridors*", conforme descrito no Capítulo 1 desta tese, surgiu em 2007 como uma ação do "Plano de Ação em Logísticas e Transportes" da Comissão das Comunidades Europeias (PSARAFTIS E PANAGAKOS, 2012),

mas há necessidade de uma definição precisa do termo. Nesse sentido, esta pesquisa pode ser de contribuição significativa.

Psaraftis e Panagakos (2012) se referem aos corredores verdes como corredores de transportes de mercadorias que encorajam o uso da comodalidade e de tecnologias aplicadas para acomodar possíveis aumentos nas quantidades transportadas concomitantemente à promoção de atividades mais sustentáveis e eficientes no consumo de energia.

Para que isso seja possível, Psaraftis e Panagakos (2012) destacam a necessidade de se contar, na operação desses corredores verdes, com equipamentos que facilitem o transbordo de mercadorias, localização estratégica de terminais e utilização de biocombustíveis, além de formas mais ambientalmente responsáveis de propulsão. Em suma, de acordo com esses autores, corredores verdes devem ser experimentos de preservação do meio ambiente, inovação e uso de sistemas de comunicação para otimizar os transportes. Deve haver, também, disponibilidade de acesso a infraestruturas de transbordo de acordo com leis e regras vigentes.

Fozza e Recagno (2012) apontam a necessidade de tecnologias que possibilitem a um corredor de transportes operar de forma sustentável e ambientalmente responsável, sobretudo em relação às emissões dos gases causadores do efeito estufa (*greenhouse gas* – GHG). Os autores identificaram 190 tipos de tecnologias, agrupando-as para facilitar sua análise e abordagem.

A partir desse agrupamento das tecnologias identificadas, Fozza e Recagno (2012) conduziram uma análise de identificação daquelas que podem ser consideradas promissoras na obtenção de atividades mais sustentáveis e implantação de corredores verdes. Para isso, são avaliados alguns indicadores de desempenho (*KPI's*) relacionados à emissão de CO_2 e SO_x, aos custos e duração das atividades de transportes, frequência e confiabilidade. Verificaram, entre outras condições, as vantagens obtidas com o uso de gases naturais como o *Compressed Natural Gas – CNG* (gás natural comprimido).

Segundo Engström (2011), os corredores verdes permitirão soluções de transportes em grande escala e em longo prazo através de infraestrutura suficiente e atrativa, além de um quadro de regulamentação de apoio. O conceito

não é muito específico e tampouco é dedicado somente a soluções intermodais, e dentre as razões para que se desenvolva um corredor verde estão as ambientais (emissões, ruídos, etc.), a competitividade da indústria, melhor utilização dos recursos gastos com infraestrutura para lidar com o aumento da movimentação de cargas esperado.

Ainda de acordo com o autor, a principal ideia que respalda o conceito de um corredor verde é a de proporcionar soluções de transportes mais sustentáveis, com base na economia de escala das infraestruturas e nas operações. A infraestrutura deve ser caracterizada por utilizar soluções inovadoras e demonstrar/testar novas técnicas que resultarão em um transporte mais ecológico. O benefício para operadores e clientes será um transporte mais seguro e eficiente. Para a sociedade, será um ambiente mais sustentável e construções e infraestruturas mais eficientes.

Engström (2011) relata também, a partir de experiências realizadas na Suécia para o desenvolvimento dos corredores verdes, com apoio do governo, que as atividades de um corredor verde deveriam ser relacionadas à trinca tecnologia, corredores e modelos de negócios, suportadas por políticas e regulamentação.

O autor afirma ser possível dividir todos os projetos e iniciativas de corredores verdes em três categorias que podem interagir entre si. Essas três categorias promovem a visão da logística e de transportes como um sistema de serviços integrados e propriedades, visando o aumento da eficiência e impacto ecológico reduzido. Engström (2011) detalha as características dessas três vertentes e estabelecendo relação entre elas:

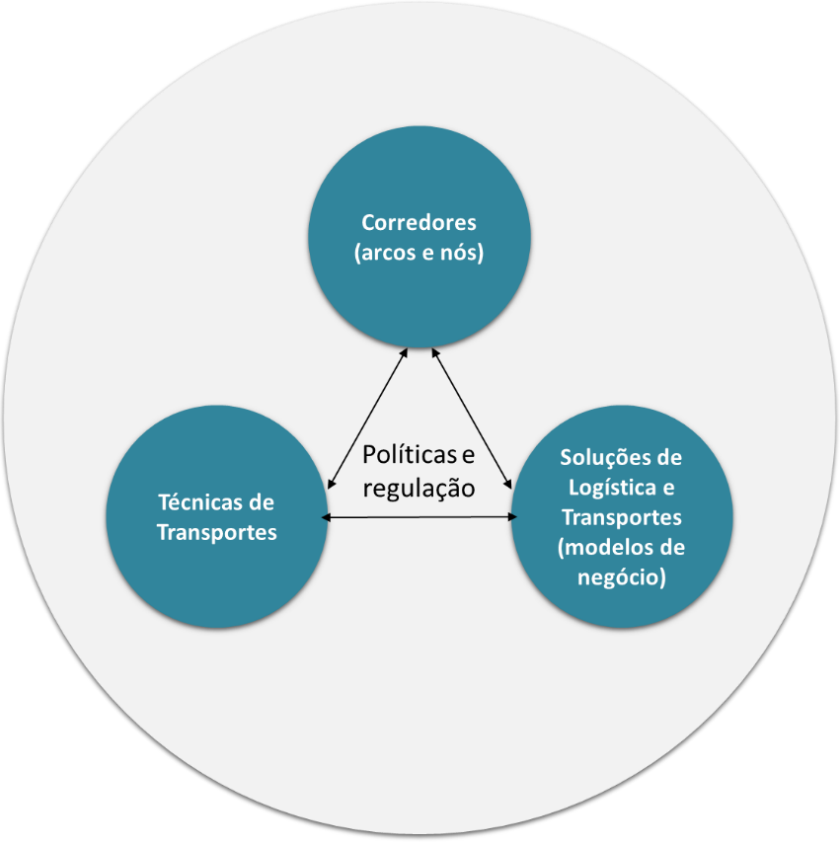
- Corredores: quando considerados em redes, contemplam os arcos e nós. E baseiam-se na necessidade de infraestrutura de transporte eficiente, tanto pelo aspecto físico quanto pelo comunicativo. O projeto de um corredor promove a colaboração entre modais de transportes e seu uso otimizado. Pode ser um corredor nacional ou que ultrapasse fronteiras;
- Técnicas de transportes: os projetos relacionados às técnicas englobam as características e propriedades dos vários tipos de equipamentos utilizados nas operações de transportes. O foco principal é nos diferentes

modais de transportes, nas unidades de cargas e sua transferência e carregamento de mercadorias entre os diferentes modais.

- Soluções de transportes e logística: referem-se à integração dos diferentes parceiros e interessados, que formam uma parceria de negócios, promovendo eficiência e diminuição do impacto ecológico.

A Figura 3.1, adaptada do autor, apresenta a relação entre as três categorias estabelecidas por Engström (2011) e ao mesmo tempo representa a necessidade de ambiente legal, com políticas e regulação necessárias para o desenvolvimento desses projetos.

Figura 3.1 - Relação entre três categorias de projetos dos corredores verdes e representação do ambiente legal



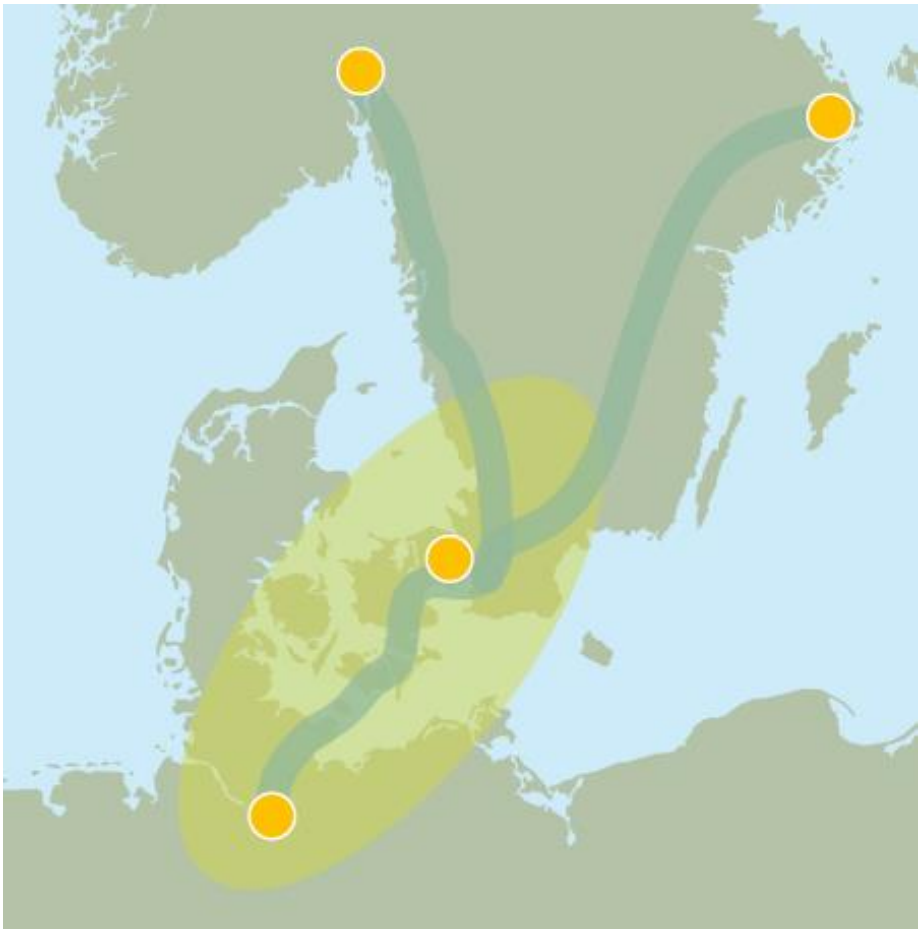
Fonte: Engström (2011)

A partir do que estabelece a Comissão das Comunidades Europeias no seu "Plano de Ação em Logística e Transportes" (2007), muitos projetos de

concepção de corredores verdes começaram a ser desenvolvidos na Europa. Assim, desde os primeiros projetos relacionados ao tema, a abordagem dos corredores verdes tornou-se um processo iterativo. Muitos são os componentes agregados ao conceito desses corredores a cada novo projeto em execução, o que culminou na integração do conceito de corredores verdes em processos de planejamento mais amplos. Alguns desses projetos, desenvolvidos em parcerias entre entidades públicas e privadas, são analisados por apresentarem conceitos e experiências relacionadas aos corredores verdes de transportes.

Vestergaard et al. (2015) apresentaram um projeto para outro corredor verde, o STRING, que interliga os países nórdicos (Dinamarca e Suécia) à Alemanha e, portanto, tendem a abranger considerável território no continente europeu. A Figura 3.2 apresenta uma ilustração do corredor STRING.

Figura 3.2 - Ilustração do trajeto percorrido no corredor STRING



Fonte: Verstergaard et al. (2015)

O Projeto STRING surgiu a partir da colaboração entre parceiros suecos, dinamarqueses e alemães como uma forma de pressionar os governos nacionais e a União Europeia a desenvolver uma ligação fixa entre o Norte da Alemanha e a Dinamarca Oriental, ligando a Escandinávia ao restante do continente.

Vestergaard et al. (2015) assinalam como a primeira ação relevante para o projeto de um corredor verde a "definição de corredores de transporte verdes e organização da cooperação entre as autoridades e os operadores de logística do transporte de mercadorias, a fim de identificar melhorias que assegurem infraestrutura adequada para o transporte sustentável". Assim, admite-se que é preciso entender e conceituar um corredor verde de transportes para que seu planejamento e concepção sejam realizados. O Projeto do Corredor Verde STRING (2012) conceitua um corredor verde como o resultado de vários processos de planejamento e visões para as redes de transporte. Em última análise, um corredor verde gera efeitos ecologicamente positivos, tais como a mitigação das emissões de CO_2 e de outras partículas.

No entanto, além de simplesmente ser "verde" em termos de resultado, o conceito de um corredor verde é ao mesmo tempo operacional e estratégico e inclui uma série de subcomponentes, que envolvem concentração dos transportes entre *hubs*, expandindo as opções existentes entre essas posições e permitindo efetiva escolha ótima entre os modais de transporte, o que aumenta a eficiência e reduz as emissões e impactos ambientais oriundos dos problemas decorrentes, tornando-se mais sustentáveis.

Vestergaard et al. (2015) relatam também que a iniciativa sueca para o desenvolvimento dos corredores verdes complementa a definição dos corredores no âmbito do estudo para o Corredor STRING através de cinco pontos adicionais a serem considerados na concepção do projeto. Os cinco pontos elencados por Vestergaard et al. (2015) estão ilustrados na Figura 3.3.

Figura 3.3 - Pontos adicionais para a concepção de um corredor verde

Fonte: adaptado de Verstergaard et al. (2015)

Traduziu-se o conceito de corredores verdes em uma série de ações concretas a serem consideradas e, sendo assim, a iniciativa sueca chegou a um conjunto de premissas que devem existir para que se defina, enfim, um corredor verde:

1. soluções logísticas sustentáveis com redução documentada e melhorias contínuas dos impactos ambientais e climáticos, considerando o aumento de segurança, qualidade e eficiência da utilização de recursos que explorem sinergias entre sustentabilidade e competitividade;
2. conceitos logísticos integrados, com utilização ótima e melhorias de todos os modais de transportes, através de comodalidade e de infraestrutura que permitam o uso de combustíveis alternativos e a escolha modal;
3. regulamentação harmoniosa com participação de todos os envolvidos em uma rede de transportes;
4. concentração de transportes nacionais e internacionais de cargas em distâncias relativamente longas;
5. pontos de transbordo eficientes localizados de forma estratégica, e adaptados com infraestrutura necessária e total integração com outros sistemas de transportes e corredores;

6. uma plataforma de desenvolvimento e demonstração de soluções logísticas inovadoras, o que inclui sistemas de informação, modelos colaborativos e tecnologia; e
7. sensibilidade à economia local e necessidades ambientais das regiões e comunidades localizadas ao longo do corredor.

Panagakos, Psaraftis e Larsen (2016) comparam as definições propostas em termos do Plano de Ação europeu e os conceitos relatados pela iniciativa sueca, a mesma considerada por Engström (2011) e Vestergaard et al. (2015), e chegam à conclusão que corredores verdes não são apenas sistemas de transportes economicamente eficientes ou ambientalmente sustentáveis, pois devem apresentar ambas as características, proporcionando operações intermodais eficientes, com base na utilização de combustíveis alternativos que promovam a redução da emissão de gases do efeito estufa, além de desenvolver características inovadoras e tecnológicas e apresentar modelos de negócios colaborativos.

Os autores destacam também que um corredor verde será mais eficiente quanto maior a distância percorrida e a quantidade de produtos transportados, o que os leva a concluir que modais como o ferroviário e aquaviário apresentam vantagens por oferecerem maior economia de escala.

Clausen, Geiger e Behmer (2012) relatam a importância de se contar com tecnologias de informação para se obter operações mais sustentáveis e, consequentemente, operar em um corredor verde de transportes. Segundo os autores, planejamentos de roteirização, ferramentas de previsão do tempo ou informações de localização de veículos em tempo real possibilitam usos mais eficientes dos recursos do corredor e, portanto, levam à menor emissão de gases do efeito estufa, bem como à diminuição dos custos e do tempo de transporte.

Além de limitar o crescimento das quantidades transportadas e, portanto, a capacidade do corredor, os problemas relacionados à infraestrutura, como a formação de filas e congestionamentos, ponderam Clausen, Geiger e Behmer (2012), também diminuem a eficiência do sistema e levam, dentre outros prejuízos, ao aumento da quantidade de CO_2 emitido na atmosfera.

Aditjandra et al. (2012) avaliaram alguns corredores de transportes de mercadorias no Reino Unido para verificar o potencial que as estratégias de implantação dos corredores verdes possuem de reproduzir, na prática, as melhorias esperadas, principalmente em relação à quantidade de gases do efeito estufa liberados na atmosfera. No corredor analisado, que liga o Reino Unido à Alemanha, verificou-se que melhorias importantes seriam o aumento da capacidade de transporte de mercadorias na ferrovia do Canal da Mancha, a utilização de sistemas de tecnologia de informação nas ferrovias e o uso de combustíveis limpos nos veículos rodoviários.

Panagakos e Psaraftis (2011) relataram a importância do Projeto *SuperGreen* na Europa, uma ação de coordenação e apoio com o objetivo de fomentar o desenvolvimento de redes de transportes sustentáveis, cumprindo requisitos que abrangem aspectos de planejamento ambientais, técnicos, econômicos, sociais e espaciais. Segundo os autores, uma atividade essencial intrínseca a um projeto de concepção de um corredor verde é o desenvolvimento de uma metodologia de *benchmarking* para classificar um corredor a partir dos indicadores de desempenho (*KPI's*) adequados para monitorar os objetivos de sustentabilidade e que cubram os aspectos abordados pelo *SuperGreen*.

3.2. O Projeto *SuperGreen*

Este tópico está referenciado no trabalho de Moyano et al. (2012) e sua função é apresentar o Projeto *SuperGreen*, suas características, metodologias e os resultados da pesquisa elaborada pelos autores.

Assim como a idealização dos corredores verdes na Europa, o Projeto *SuperGreen* teve origem em 2007, a partir das discussões que culminaram no Plano de Logística de Transporte de Cargas (*Freight Transport Logistics Action Plan),* do qual diversas iniciativas políticas e ações de médio e longo prazo, que visavam aumento de eficiência e da sustentabilidade resultante das operações de transporte de cargas, foram estabelecidas. O logotipo do Projeto *SuperGreen* é apresentado na Figura 3.4.

Figura 3.4 - Logotipo do projeto *SuperGreen*

Fonte: Moyano et al. (2012)

O *SuperGreen* foi concebido com o objetivo de dar suporte ao desenvolvimento de redes de transportes sustentáveis, atendendo a requisitos rigorosos em termos de planejamento ambiental, técnico, econômico, social e espacial. Em linhas gerais, podem-se definir os objetivos do *SuperGreen* como:

- apoiar o Plano de Logística de Transporte de Cargas da União Europeia;
- conduzir e estabelecer contatos entre os interessados em desenvolver os corredores verdes, sejam eles do setor público ou privado;
- gerenciar estudos de inovação relacionados ao assunto para facilitar a troca de informações e de conhecimento entre empresas, instituições públicas e universidades;
- entregar recomendações políticas em nível europeu para desenvolvimento e viabilização dos corredores verdes; e
- promover recomendações de novas demandas de pesquisa e desenvolvimento (P&D) que culminem no desenvolvimento dos corredores verdes.

Moyano et al. (2012) definiram que a estrutura do projeto *SuperGreen* se divide em 7 etapas, com atribuições específicas em cada uma delas: gestão, *benchmark* de corredores verdes, tecnologias sustentáveis e inovação, uso de tecnologia de comunicação, recomendações para pesquisa e desenvolvimento, implicações políticas e disseminação. O Quadro 3.1 detalha cada uma dessas atribuições.

Quadro 3.1 - Atribuições dadas no âmbito do Projeto *SuperGreen*

Atribuição	Descrição
Gestão	Organização e coordenação, financeira e estratégica, entre diferentes atores
Benchmark de corredores verdes	Análise de corredores existentes e avaliação de pontos de melhoria
Tecnologias sustentáveis e inovação	Levantamento de tecnologias com potencial de melhorias em aspectos das atividades de um corredor de transportes e seus impactos
Uso de tecnologia de comunicação	Avaliação dos impactos de sistemas de informação nos corredores de transportes
Recomendações para pesquisa e desenvolvimento	Estabelecimento de áreas de pesquisa para concepção de novas tecnologias
Implicações políticas	Uniformização das leis e regras visando atuação em todo o continente europeu
Disseminação	Marketing de divulgação do projeto

Fonte: Moyano et al. (2012)

Considera-se, dentre as atribuições apresentadas, que três delas têm impacto prático e direto na concepção de um corredor verde de transportes: *benchmark* de corredores verdes, tecnologias sustentáveis e inovação e uso de tecnologia de comunicação. Gestão, recomendações para pesquisa e desenvolvimento, implicações políticas e disseminação são atribuições que apresentam aspecto mais gerencial e, de certa forma, político.

3.2.1. *Benchmark* de corredores verdes

Moyano et al. (2012) consideram de forma recorrente o termo “*greening*”, algo que pode ser traduzido como “verdificação” e remete à busca por operações mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis nos corredores de transportes de mercadorias. Os autores destacam que para obter esta “verdificação”, é

preciso que critérios de análise e comparação sejam estabelecidos e, para isso, buscam listar medidas e unidades de referência, os chamados "*benchmark*".

Os objetivos desse estabelecimento de *benchmarks* no Projeto *SuperGreen* são:

- descrição e agrupamento dos potenciais corredores verdes de acordo com volumes transportados, modais utilizados, distâncias, infraestrutura, impactos ambientais e planejamento de uso da terra;
- seleção dos corredores mais importantes para busca de mais informações;
- definição e agrupamento de indicadores de desempenho de referência (*KPI's*);
- esclarecimento sobre mudanças no ambiente regulatório que podem dificultar ou promover melhorias em corredores verdes;
- descrição do status de corredores avaliados através de indicadores que observam as atividades sob o ponto de vista da sustentabilidade;
- descrição de futuros aspectos dos corredores;
- agrupamento e avaliação dos corredores utilizando os indicadores de referência;
- descrição dos gargalos que prejudicam a obtenção de cadeias de transportes mais sustentáveis;
- escrição das áreas com maior potencial de melhorias na sustentabilidade dos corredores selecionados; e
- definição de aspectos comuns de desenvolvimento para todos os corredores.

Para o atendimento desses objetivos, Moyano et al. (2012) estabelecem 5 tarefas: seleção dos corredores, definição de indicadores de referência (*benchmark*), análise de efeitos das mudanças no ambiente operacional e regulatório, estabelecimento de referências para corredores verdes e definição das áreas de melhorias. O Quadro 3.2 resume cada uma dessas tarefas.

Quadro 3.2 - Tarefas para estabelecimento de indicadores de desempenho referência nos corredores verdes

Tarefa	Descrição
Seleção dos corredores	Moyano et al. (2012) selecionaram os corredores de referência a partir de uma lista inicial de 60 corredores, de acordo com critérios de agrupamento (características físicas, operacionais, ambientais)
Definição de indicadores de referência	Estabelecimento de critérios de referência a partir de um agrupamento em eficácia, qualidade dos serviços, sustentabilidade ambiental, suficiência em infraestrutura e impactos sociais
Análise de efeitos das mudanças no ambiente operacional e regulatório	Levantamento de possíveis mudanças no ambiente de um corredor verde e avaliação, de acordo com os *KPI's* estabelecidos, de seu potencial impacto no corredor
Estabelecimento de referências para corredores verdes	Definição e quantificação dos principais indicadores em âmbito dos corredores verdes
Definição das áreas de melhorias	Avaliação dos *KPI's benchmarks* para definição das principais áreas de melhoria nos corredores avaliados

Fonte: Moyano et al. (2012)

A partir de uma lista de indicadores agrupados, conforme estabelecido na tarefa de definição de *benchmarks*, a comissão executiva do *SuperGreen* concluiu que existem 5 principais indicadores para comparação dos corredores:

- custo de transporte por quilômetro por tonelada ($/km.t);
- velocidade média de transporte;
- confiabilidade do serviço (porcentagem de cargas que foram entregues sem atraso);
- frequência do serviço (medido em números de serviços por ano); e

- emissões de CO_2 e de SO_X (g/t.km).

O Quadro 3.3 apresenta as modificações mais efetivas em ordem decrescente de importância para cada um desses que foram considerados os principais indicadores de desempenho dos corredores verdes.

Quadro 3.3 - Modificações mais efetivas para os principais indicadores de desempenho dos corredores verdes

Critério	**Grupos de modificações mais efetivas em ordem decrescente de importância**
Emissões de CO_2 e de SO_X	Apoio à pesquisa e inovação
	Uso de combustíveis alternativos
	Terminais intermodais
	Desenvolvimento de sistemas de informação
Custo de transportes	Conteinerização
	Apoio à pesquisa e inovação
	Terminais intermodais
	Desenvolvimento de sistemas de informação
Tempo de transportes	Conteinerização
	Expansão da malha ferroviária
	Criação de corredores orientados de transportes
	Terminais intermodais
Confiabilidade	Expansão da malha ferroviária
	Criação de corredores orientados de transportes
	Conteinerização
	Terminais intermodais
Frequência	Expansão da malha ferroviária
	Conteinerização
	Operações de liberação das cargas
	Utiliação de códigos de barra

Fonte: Moyano et al. (2012)

Ressalte-se o fato de que as mudanças realizadas para melhoria dos indicadores em âmbito dos corredores verdes devem sempre contemplar o ambiente legal e regulatório do sistema, considerando barreiras administrativas e legislação

vigente. A abordagem dos corredores selecionados de forma individual pode ajudar a entender de maneira mais clara de que forma deve ser a atuação em cada modal do corredor (MOYANO et al., 2012).

Moyano et al. (2012) partiram de um plano piloto de análise considerando o corredor de Brenner, que liga Malmö, na Suécia, a Palermo, na Itália. Alguns dos *KPI's* adotados foram avaliados e comparados para esse corredor, com informações coletadas em entrevistas, que refletiram a opinião pessoal dos entrevistados. Além disso, muitas das informações refletiam apenas as operações terminal-terminal e não a operação "porta a porta". A partir disso, Moyano et al. (2012) concluíram que se devem usar faixas, intervalos, para os valores dos *KPI's*, considerando sua variação, de acordo com os modais envolvidos. A Tabela 3.1 apresenta os intervalos considerados para o corredor de Brenner.

Tabela 3.1 - Indicadores de desempenho observados como referência para o corredor de Brenner

KPI's	**Intermodal**	**Rodoviário**	**Ferroviário**	**Cabotagem**
Custo (€/t.km)	0,03 - 0,09	0,05 - 0,07	0,05 - 0,80	0,04
Vel. Média (km/h)	9 - 41	19 - 40	44 - 98	23
Segurança (%)	95 - 99	50 - 99	50 - 100	100
Freq. (#/ano)	26 - 624	104 - 2600	208 - 572	52
CO_2 (g/t.km)	10,62 - 42,11	46,51 - 71,86	9,49 - 17,61	16.99
SO_X (g/t.km)	0,02 - 0,14	0,05 - 0,08	0,04 - 0,09	0,12

Fonte: Moyano et al. (2012)

Observou-se, então, que problemas como a ponderação dos *KPI's* dependem do usuário da rede, bem como de flutuações de composição modal dos tempos de viagem e de características específicas da operação em cada país, o que evidencia a necessidade de adaptação da metodologia. Moyano et al. (2012), chegaram, assim, à conclusão de que uma nota global para os corredores

deveria ser deixada de lado para que se adotassem referências a corredores especificamente, permitindo avaliação mais correta do desempenho dos mesmos. A Tabela 3.2 apresenta alguns *KPI's* de referência para 6 corredores europeus.

Tabela 3.2 - Indicadores de referência para seis corredores analisados no Projeto *SuperGreen*

Corredor	Modal	Custo €/t.km	Veloc. Km/h	Seg. %	Freq. #/ano	CO_2 g/t.km	SO_X g/t.km
Brenner	Intermodal	0.03-0.09	9-41	95-99	26-624	10.62-42.11	0.02-0.14
	Rodoviário	0.05-0.07	19-40	50-99	104-2600	46.51-71.86	0.05-0.08
	Ferroviário	0.05-0.80	44-98	50-100	208-572	9.49-17.61	0.04-0.09
	Cabotagem	0.04	23	100	52	16.99	0.12
Cloverleaf	Rodoviário	0.06	40-60	80-90	4-680	68.81	0.09
	Ferroviário	0.05-0.09	45-65	90-98	156-364	13.14-18.46	0.01-0.02
Nureyev	Intermodal	0.10-0.18	13-42	80-90	156-360	13.43-33.36	0.03-0.15
	Cabotagem	0.05-0.06	15-28	90-99	52-360	5.65-15.60	0.07-0.14
Strauss	Hidroviário	0.023-0.44	-	-	-	9.86-22.80	0.01-0.03
Mare Nos.	Cabotagem	0.003-0.20	17	90-95	52-416	6.44-27.26	0.09-0.40
	Marítimo	-	-	-	-	15.22	0.22
Silk Way	Ferroviário	0.05	26	-	-	41.00	-
	Marítimo	0.004	22-23	-	-	12.50	-

Fonte: Moyano et al. (2012)

Os autores alertam que algumas dificuldades foram encontradas durante os processos. Primeiramente, é necessário que se padronizem as medidas de alguns indicadores para comparação. Para cada indicador, pode haver diferentes jeitos de se calcularem os valores, devem ser estabelecidas regras para os cálculos.

Outra dificuldade é a coleta de informações com quem opera o corredor, fato que torna mais importante a adoção de tecnologias de informação.

Moyano et al. (2012) analisaram, ainda, algumas ações de melhoria para o *SuperGreen*. Dentre as quais, podem ser citadas:

- *design* e gestão de cadeias de suprimentos verdes;
- harmonização de políticas e regulamentação;

- desenvolvimento de infraestrutura e tecnologias de transporte;
- desenvolvimento de soluções de tecnologia de informação e documentação do transporte;
- maior transparência das informações;
- integração e cooperação entre os sistemas de transporte e as cadeias de suprimentos; e
- garantia da qualidade do transporte de carga intermodal.

Dessas ações, são geradas algumas alternativas, abordadas posteriormente e apresentadas no Anexo A.

3.2.2. Tecnologias sustentáveis e inovação

As ações e tecnologias propostas no *SuperGreen* foram selecionadas por Moyano et al. (2012) a partir de um processo de pesquisa e seleção que incluía identificação das tecnologias verdes, definição das áreas de aplicação e avaliação dos impactos. Ao final, os autores apresentaram 202 tecnologias, descritas e classificadas em nove grupos, os mesmos citados por Fozza e Recagno (2012) (motores e sistemas de propulsão, combustível e fontes de energia, tecnologias para transferência de cargas, tecnologias para preparação de cargas, tecnologias de aquecimento e arrefecimento, inovações em tecnologia e logística, veículos, tecnologias de navegação e melhores práticas de integração das tecnologias).

As tecnologias podem ser enquadradas em mais de uma categoria, por exemplo, a utilização do motor híbrido pode ser classificada nos grupos de tecnologias de motores, de uso de energia e no grupo veículos. Para medir os impactos de cada tecnologia, devem ser escolhidos os indicadores adequados.

Moyano et al. (2012) afirmam ainda que as tecnologias podem ser classificadas de acordo com o modal de transportes ou ainda ser aplicáveis a estações de transbordo, existentes somente em corredores intermodais. As tecnologias propostas pelos autores estão apresentadas no Anexo A e a Tabela 3.3 apresenta quantas tecnologias de cada grupo podem ser aplicadas a cada modal.

Tabela 3.3 - Classificação de tecnologias de acordo com os modais de transportes

	Motores/sistemas de propulsão	Combustível	Transferência e preparação de carga	Aquecimento e arrefecimento	Carregamento e logística	Veiculo	Tecnologia de navegação	Melhores práticas de integração	TOTAL
Hidroviário	11	10	3	0	0	4	2	0	30
Marítimo	11	21	29	1	2	3	14	2	83
Ferroviário	8	17	4	0	13	12	3	11	68
Rodoviário	7	18	0	2	1	17	3	1	49
Intermodal	0	3	16	5	3	0	0	0	27
TOTAL	37	69	52	8	19	36	22	14	

Fonte: Moyano et al. (2012)

Algumas das tecnologias são classificadas em mais de um grupo ou modal, devido a isso, seu número total na tabela é superior ao número total de tecnologias analisadas pelo Projeto *SuperGreen* (202 tecnologias).

3.3.3. Uso de tecnologia de informação

Para desenvolver os corredores verdes, Moyano et al. (2012) concluíram que é importante melhorar as redes de comunicações. O objetivo é otimizar os fluxos de informações entre os diferentes atores das redes de transportes e com isso também as operações logísticas e as necessidades operacionais das transferências de cargas.

Os autores, no âmbito do Projeto *SuperGreen*, descrevem as vantagens de se utilizar as redes de comunicações otimizadas:

- gestão de informações e dados em tempo real;
- *design* otimizado da rede de transportes;
- eficiência através do método *just-in-time*;

- melhor gestão e agendamento da utilização dos veículos e frotas;
- monitoramento e rastreamento;
- roteamento em função do tempo e da velocidade;
- gestão do frete nos terminais e nas plataformas multimodais;
- redução dos custos externais; e
- redução dos custos sociais.

Melhorias em tais quesitos são fundamentais para criar corredores verdes, sendo a maioria das informações coletadas com a rede de tecnologia da informação nas plataformas, mas envolvendo também as rotas, através do monitoramento da posição exata dos veículos em tempo real.

O projeto dos sistemas de comunicações é adaptado a cada corredor, até mesmo porque cada um deles apresenta características e objetivos próprios.

3.3. Conceituando um corredor verde

Neste tópico, serão discutidas algumas das informações apresentadas neste capítulo para que, ao final, seja proposta, nesta pesquisa, uma definição de corredor verde para a realidade brasileira.

Pôde ser observada, a partir do que os autores estudados expuseram, a importância que a redução da emissão de gases do efeito estufa representa na operação de um corredor de transportes para que o mesmo seja considerado sustentável. Portanto, pode-se admitir que a redução destas emissões é o primeiro passo para que um corredor seja considerado verde. No entanto, muitos dos autores, principalmente Psaraftis e Panagakos (2012) e Moyano et al. (2012), destacam a dificuldade de se estabelecer medida exata e ótima dessas emissões, devido à necessidade de se considerar individualmente a realidade operacional e geográfica dos corredores.

Outro consenso entre os autores estudados remete ao fato de que os corredores verdes de transportes devem oferecer boas condições para a intermodalidade, o que significa contar com terminais de transbordos eficientes, infraestrutura adequada e sincronismo de operações.

O Quadro 3.4 apresenta, de forma resumida, as características que cada autor atribui aos corredores verdes.

Quadro 3.4 – Análise de como os autores estudados descrevem e se referem aos corredores verdes e suas principais características e pré-requisitos

Autor	Análise
Psaraftis e Panagakos (2012)	Corredores verdes são corredores de transportes de mercadorias que encorajam o uso da comodalidade e de tecnologias aplicadas, promovendo atividades mais sustentáveis e eficientes no consumo de energia. Também devem contar com equipamentos que facilitem o transbordo de mercadorias, localização estratégica de terminais e utilização de biocombustíveis e formas mais ambientalmente responsáveis de propulsão.
Fozza e Recagno (2012)	Um corredor verde deve contar com estratégias que a ele possibilitem operar de forma sustentável e ambientalmente responsável, principalmente no que diz respeito às emissões dos gases causadores do efeito estufa (*greenhouse gas* – GHG). Na operação, são avaliados alguns indicadores de desempenho (*KPI's*) relacionados à emissão de CO_2 e SO_x, aos custos e duração das atividades de transportes, frequência e confiabilidade.
Engström (2011)	Os corredores funcionarão a partir de uma infraestrutura suficiente e atrativa, além de um quadro de regulamentação de apoio. Dentre as razões para que se desenvolva um corredor verde podem ser citadas as ambientais (emissões, ruídos, etc.), a competitividade da indústria, melhor utilização dos recursos gastos com infraestrutura e para lidar com o aumento da movimentação de cargas esperado. A infraestrutura deve ser caracterizada por soluções inovadoras que resultarão em transporte mais ecológico.
Vestergaard et al. (2015)	Os corredores de transporte verdes dependem de organização da cooperação entre as autoridades e os operadores de logística do transporte de mercadorias, a fim de identificar melhorias que assegurem a infraestrutura adequada para o transporte sustentável. São o resultado de vários processos de planejamento e visões para as redes de transporte.
Panagakos, Psaraftis e Larsen (2016)	Corredores verdes são mais do que apenas sistemas de transportes que devem ser economicamente eficientes ou ambientalmente sustentáveis, mas que devem apresentar ambas as características e, para isso, devem proporcionar operações intermodais eficientes, se basear na utilização de combustíveis alternativos que proporcionam a redução da emissão de gases do efeito estufa, desenvolver características inovadoras e tecnológicas, e apresentar modelos de negócios colaborativos. Destaque-se que um corredor verde será mais eficiente quanto maior a distância percorrida e a quantidade de produtos transportados, o que os leva a concluir que modais como o ferroviário e aquaviário apresentam vantagens por oferecerem maior economia de escala.
Clausen, Geiger e Behmer (2012)	Deve se contar com tecnologias de informação para operações mais sustentáveis, pois estas possibilitam utilização mais eficiente dos recursos do corredor e, consequentemente, levam à menor emissão de gases do efeito estufa e à diminuição dos custos e do tempo de transportes. Também é preciso que se atentem aos problemas de infraestrutura, como a formação de filas e congestionamentos, pois além de limitar o crescimento das quantidades transportadas e, portanto, a capacidade do corredor, diminuem a eficiência do sistema e levam , dentre outros prejuízos, ao aumento da quantidade de CO_2 emitido na atmosfera.

Fonte: o autor

Como mencionado no Quadro 3.4, dos seis trabalhos analisados, todos eles consideram a necessidade de se combater as emissões de gases do efeito estufa. A necessidade de se contar com infraestrutura adequada, principalmente nos terminais de transbordo, promovendo assim as operações intermodais, também é destacada de forma geral pelos autores (somente Fozza e Recagno (2012) não citam a necessidade de infraestrutura diretamente, mas o faz de forma geral). Isso leva a uma definição inicial para corredores verdes:

"Corredores de transporte de mercadorias compostos por operações que considerem estratégias para redução de emissão de gases do efeito estufa e que operem por terminais que permitam transbordo entre modais visando equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade".

Novamente, destaca-se o fato de que medir os indicadores de desempenho relacionados às emissões, tempos e custo dos transportes, depende de alguns fatores específicos de cada corredor, ou seja, devem ser consideradas as características individuais de certa forma. Um corredor pode, por exemplo, não necessitar de um transbordo para reduzir emissões, caso seja puramente hidroviário. Desenvolve-se, então, a definição para:

"Corredores de transporte de mercadorias compostos por operações que considerem estratégias para redução de emissão de gases do efeito estufa e que operem por terminais que permitam transbordo entre modais, quando esta operação existir no corredor, visando equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade".

Outra característica citada com recorrência pelos autores é o fato de que um corredor verde deve contar com opções tecnológicas para buscar eficiência e sustentabilidade. Entretanto, nem todas as alternativas de tecnologias existentes se aplicam a todos os corredores e foram testadas para verificação de sua eficiência. Considera-se, então, que o operador (ou os operadores) de um corredor de transportes deve, ao menos, estudar quais as tecnologias disponíveis se aplicam, investindo em pesquisa e inovação. Uma terceira versão da definição de corredores verdes, então, é apresentada:

“Corredores de transporte de mercadorias compostos por operações que considerem estratégias para redução de emissão de gases do efeito estufa e que operem por terminais que permitam transbordo entre modais, quando esta operação existir no corredor e sejam objetos de verificação de tecnologias para melhorias de eficiência e sustentabilidade, visando equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade”.

Atenta-se, aqui, ao fato de que no estudo apresentado para os corredores brasileiros, não serão consideradas as tecnologias nas análises de suas situações atuais.

Destaque-se que os autores estudados também definem um corredor verde, assim como qualquer outro corredor de transportes, que possui grandes extensões e quantidades de produtos transportados.

Por fim, observa-se que um dos autores, Engström (2011), afirma que no ambiente de um corredor de transportes deve haver regulamentação adequada, permitindo que se estabeleçam as relações entre os diversos atores do sistema (prestadores, usuários, habitantes, etc.). Esse ambiente regulatório não faz parte das análises de corredores brasileiros apresentadas neste trabalho, mas são consideradas relevantes e potencial tema de pesquisas relacionadas.

Dessa forma, apresenta-se uma proposta final de definição de um corredor verde:

“Corredores de transporte de mercadorias compostos por operações que considerem estratégias para redução de emissão de gases do efeito estufa, que operem por terminais que permitam transbordo entre modais, quando esta operação existir no corredor, sejam objetos de verificação de tecnologias para melhorias de eficiência e sustentabilidade, sob ambiente regulado e com alta capacidade de volumes transportados, visando equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade”.

De forma resumida, pode-se, portanto, definir um corredor verde como sendo:

“Corredores de transporte de grandes volumes de mercadorias nos quais se utilizam multimodalidade e aplicação de novas tecnologias visando equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade e redução de emissões”.

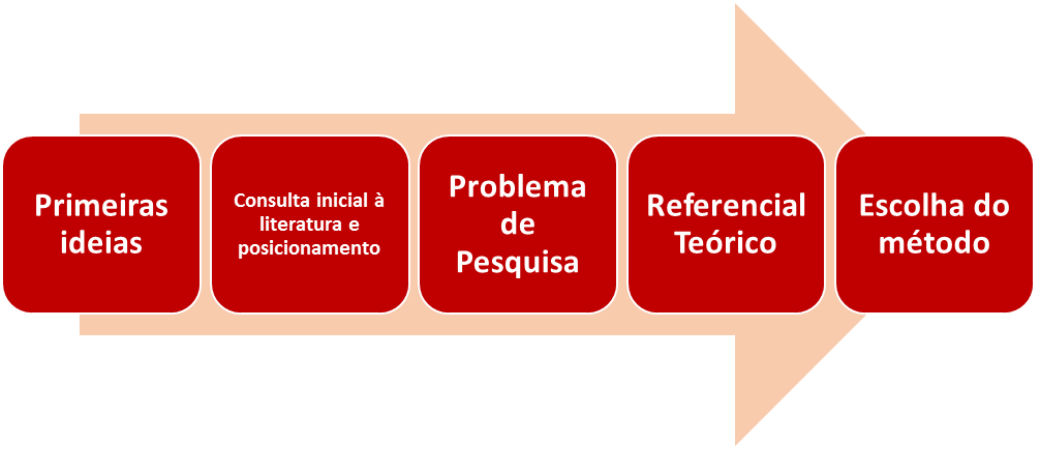
4. METODOLOGIA APLICADA

A condução metodológica de uma pesquisa acadêmica, de acordo com Miguel et al. (2012), é necessária para que a mesma se diferencie de um trabalho de caráter opinativo e laico, sem o compromisso com a morfologia de um trabalho acadêmico nem tampouco com os resultados obtidos. Os mesmos autores ainda se referem à metodologia de pesquisa como uma ferramenta que, se empregada adequadamente, legitima os resultados apresentados e conduz a um melhor entendimento das estratégias utilizadas para se chegar às conclusões necessárias.

Este capítulo apresenta a estrutura metodológica utilizada para que a pesquisa possa, ao seu final, ter respondido aos questionamentos propostos de maneira organizada e para que a mesma seja conduzida de forma a se obter os resultados esperados. A metodologia de pesquisa utilizada lista as etapas de condução do estudo realizado (MIGUEL et al., 2012).

Miguel et al. (2012) afirmam que as primeiras ideias relacionadas a um tema proposto partem de uma inquietação do pesquisador e do seu conhecimento de mundo de modo a definir as etapas que orientarão o caminho a ser seguido. A Figura 4.1, adaptada dos autores, apresenta uma visão geral de como funciona o processo de encaminhamento da pesquisa até o momento em que a metodologia deve ser escolhida.

Figura 4.1 - Processo de encaminhamento de pesquisa até escolha de metodologia



Fonte: Miguel et al. (2012)

Gil (2002) classifica uma pesquisa, com base em seus objetivos, em exploratória, descritiva ou explicativa. Como a própria denominação já relata, uma pesquisa exploratória serve para algum problema seja explorado, de modo a permitir a construção de teorias e hipóteses. Possuem abordagem flexível e permitem que se considere os mais diversos aspectos referentes ao tema estudado (GIL, 2002). Geralmente, pesquisas de caráter exploratório são compostas de revisão bibliográfica, busca de dados referentes ao assunto e exemplificação e hipóteses para estimular o entendimento do leitor.

Segundo Selltiz, Wrightsman e Cook (1965), pesquisas descritivas buscam, como o próprio nome diz, descrever alguma situação ou ideia em detalhes, levando a uma análise das principais características de um objeto de estudo, geralmente um sistema. Ainda segundo os autores, é possível, através da pesquisa descritiva, verificar se existem relações entre os eventos observados. Já uma pesquisa explicativa, de acordo com Lakatos & Marconi (2001), é realizada para apresentar possíveis relações de causa e efeito, seja por meio de comparação de resultados obtidos a partir de diferentes variáveis, seja buscando identificar as causas do fenômeno.

O presente estudo pode muito bem ser classificado como **exploratório**, em função da descrição apresentada para pesquisas desse tipo e da criação de teorias e hipóteses, mas também pode ser **explicativa**, uma vez que considera a construção de um modelo de aplicação de indicadores de desempenho para explicar determinados resultados através de relações de causa e efeito (GIL, 2002).

De acordo com os resultados produzidos, uma pesquisa ainda pode ser definida como qualitativa, quantitativa ou até apresentar características que possibilitam sua classificação para os dois tipos. Flick (2009) aponta a relevância das pesquisas qualitativas para estudos sociais, que apontam na direção de verificar impactos gerados à sociedade como um todo. Já Miguel et al. (2012) afirmam que em uma abordagem qualitativa a “realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é considerada relevante e contribui para o desenvolvimento da pesquisa”.

Flick (2009) também destaca o fato de que uma pesquisa qualitativa é extremamente sensível às percepções do pesquisador e, por isso, o método processual é determinado pelo tipo de enfoque desejado. De acordo com o autor, dentre os aspectos de uma abordagem qualitativa podem ser citados a apropriabilidade de métodos e teorias e a reflexividade do autor e da pesquisa.

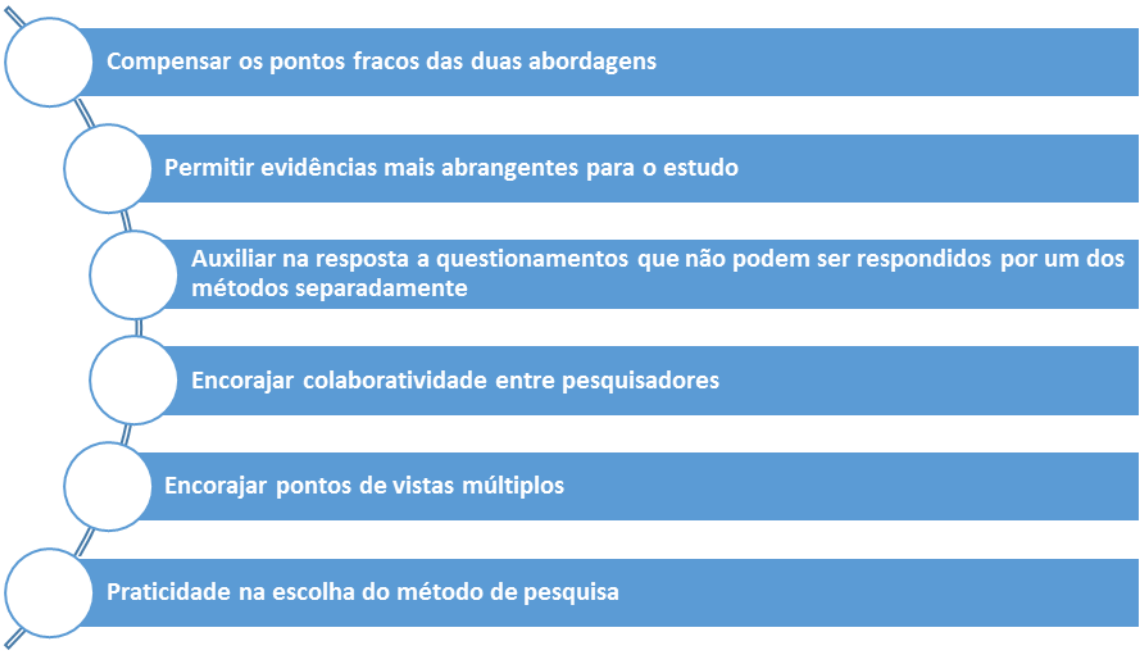
Uma abordagem quantitativa, por sua vez, é baseada na mensuração das variáveis de pesquisa (MIGUEL et al., 2012), embora isso não seja uma exclusividade, como é o fato de que nenhum fato subjetivo deve influenciar na forma com a qual os resultados são obtidos e o estudo é induzido. É uma abordagem que utiliza de forma expressiva a construção de modelos, essencialmente matemáticos, que estabeleçam relação de causa e efeito (MIGUEL et al., 2012).

Sendo assim, é possível afirmar que a pesquisa apresentada neste trabalho acadêmico não pode ser considerada puramente quantitativa, uma vez que as percepções e reflexões do autor e as ideias e hipóteses obtidas no referencial teórico se mostrarão de suma importância para que se chegue às conclusões esperadas.

Em contrapartida, a análise e mensuração de variáveis quantitativas também deverão apoiar e direcionar o estudo à sua finalização, de modo que esta pesquisa pode ser considerada uma combinação de pesquisa **qualitativa e quantitativa**.

De acordo com Creswell e Clark (2007), uma série de vantagens são obtidas ao se combinar as abordagens qualitativas e quantitativas, como as que estão apresentadas na Figura 4.2.

Figura 4.2 - Vantagens da combinação de abordagens quantitativa e qualitativa



Fonte: Creswell e Clarc (2007)

Creswell e Clark (2007) afirmam, também, que a metodologia de estudo de caso pode ser aplicada para abordagens combinadas.

Para se definir a metodologia a ser utilizada é preciso que se conheça algumas características das opções existentes no âmbito da gestão de operações, área de pesquisa que se adequa à problemática abordada neste trabalho, mais especificamente no que se refere às operações logísticas, de transportes e tecnológicas no âmbito de um corredor verde. Miguel et al. (2012) apresentam algumas possibilidades metodológicas e que podem se utilizar de análises qualitativas e quantitativas para nortear e direcionar determinado estudo, dentre elas, a *survey*, o estudo de caso e a pesquisa-ação.

Os autores apresentam ainda as características a serem avaliadas e, de acordo com o problema analisado e sua possível solução, defina qual a metodologia mais adequada. As características avaliadas são:

- A presença do pesquisador na busca por dados e informações;
- O tamanho da amostra de dados disponível;
- Dificuldade de quantificação das variáveis;
- Potencial de percepção das mensurações;

- Indefinição de constructos[8];
- Relação de causalidade com a análise;
- Necessidade de se construir uma teoria (deve-se responder a perguntas que se iniciam com “como”?);
- Necessidade de profundo entendimento do processo de tomada de decisão;
- Participação não ativa do pesquisador;
- Controle sobre as variáveis.

A análise de classificação dos métodos de acordo com estas características realizada por Miguel et al. (2012) é apresentada no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Relação entre as metodologias passíveis de utilização em pesquisas de gestão de processos e características da pesquisa

Características	Experimentação	Survey	Estudo de caso	Pesquisa-Ação
Presença do pesquisador na busca por dados e informações	Possível	Não usual Difícil	Usual	Usual
Pequena amostra de dados disponível	Possível	Não usual	Usual	Usual
Variáveis de difícil quantificação	Possível	Possível	Possível	Possível
Mensurações perceptivas	Possível	Possível	Possível	Possível
Constructos não pré-definidos	Não usual	Difícil	Adequado	Possível
Causalidade central na análise	Adequado	Possível	Adequado	Possível
Necessita construir teoria	Possível	Difícil	Adequado	Possível
Necessidade de profundo entendimento do processo de tomada de decisão	Difícil	Difícil	Adequado	Possível
Participação não ativa do pesquisador	Possível	Possível	Possível	Impossível
Sem controle sobre as variáveis.	Difícil	Possível	Possível	Possível

Fonte: Miguel et al. (2012)

[8] Constructos: De acordo com o dicionário Michaelis, é “Conceito ou construção teórica, puramente mental, elaborada ou sintetizada com base em dados simples, a partir de fenômenos observáveis, que auxilia os pesquisadores a analisar e entender algum aspecto de um estudo ou ciência. ”

A partir do que é exposto no Quadro 4.1 se realiza uma reflexão acerca de algumas das características consideradas para o presente estudo:

a) O autor é responsável pela investigação e busca pelos dados necessários, seja através de estudo bibliográfico, seja através de mensurações;
b) A amostra de dados disponível é potencialmente reduzida por conta da complexidade de se considerar todos os elementos de um corredor de transportes;
c) Muitas das variáveis a serem consideradas são de difícil quantificação, principalmente as que se referem ao caráter social inserido no conceito de sustentabilidade inerente aos corredores verdes;
d) Existe a possibilidade de algumas mensurações se basearem em percepções e na visão pessoal do autor;
e) Existe a necessidade de se entender a fundo o processo de análise de indicadores de desempenho referentes às operações de um corredor verde;
f) Não é possível se considerar a participação ativa na operação dos corredores analisados.

Conclui-se, a partir das características avaliadas por Miguel et al. (2012), que para a pesquisa em curso, a metodologia do estudo de caso pode ser aplicada, uma vez que a participação do autor/pesquisador não é ativa e as respostas serão obtidas a partir do entendimento completo das operações realizadas nos corredores de transporte de mercadorias objetos de análise.

4.1. **Método do estudo de caso**

Muitos são os autores que se utilizam do estudo de caso para abordagens de problemas dos mais diversos tipos e relacionados às mais diversas áreas. Yin (2015) relembra que esta metodologia pode ser utilizada nas mais variadas situações devido ao seu potencial de contribuir com o conhecimento de fenômenos individuais, políticos, coletivos, sociais, dentre outros. O autor também cita sua aplicação em áreas como psicologia, antropologia, ciências

políticas e enfermagem, mostrando a interdisciplinaridade presente na abrangência de um estudo de caso, incluindo estudos sociais e relacionados à saúde. Dentre as áreas que podem ser pesquisadas com a metodologia de estudo de caso se encontram também a engenharia e a gestão de processos (MIGUEL et al., 2012).

De acordo com Miguel et al. (2012), o estudo de caso é uma das metodologias mais utilizadas em trabalhos e pesquisas acadêmicas na área de engenharia no Brasil. Yin (2015) define um estudo de caso como sendo

> Um estudo de caráter empírico que investiga um dado fenômeno atual dentro de um contexto da vida real contemporâneo, geralmente considerando que as fronteiras entre o fenômeno e o contexto onde se insere não são claramente definidas.

Miguel et al. (2012) afirmam também que o estudo de caso acontece por meio de análise aprofundada de um ou mais objetos de análise (casos). Os mesmos autores destacam que estudos de casos possibilitam o desenvolvimento de novas teorias e o melhor entendimento de eventos reais e contemporâneos, ao mesmo tempo em que alertam para a nada trivial estruturação que se faz necessária.

Estudos de caso que consideram mais de um objeto de análise são chamados de estudo de casos múltiplos. Boyd & Westfall (1987) afirmam que estudos de casos múltiplos podem ser aplicáveis quando se deseja verificar a existência de fatores comuns a todos os casos avaliados, a existência de fatores identificados apenas em alguns dos casos avaliados ou para avaliar fatores únicos em casos específicos, as exceções.

Este trabalho segue o passo a passo para elaboração de uma pesquisa através da metodologia de estudo de caso proposto por Miguel et al. (2012) e aplicado por Kissimoto (2011) em sua pesquisa de personalização na produção de bens de consumo. Os autores se basearam em outros autores, como Souza (2005) e Forza (2002), para sugerir uma forma de condução de trabalhos acadêmicos que se utilizam dessa metodologia através de seis etapas, apresentadas no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 - Etapas para condução de um estudo de caso proposto por Miguel et al. (2012)

Etapa de construção de estudo de caso	Descrição
Definição da estrutura conceitual teórica	Inclui o mapeamento da literatura disponível sobre os temas correlatos e o delineamento das proposições e das fronteiras e graus de evolução;
Planejamento do(s) caso(s)	Seleção da(s) unidade(s) a serem avaliadas bem como dos contatos a serem estabelecidos, escolha do meio para coleta e análise dos dados obtidos, desenvolvimento de protocolo para coleta de dados e definição dos meios de controle da pesquisa em curso
Condução de teste piloto (opcional)	Etapa que pode ajudar a pesquisa a partir de testes iniciais da aplicação dos casos estudados, através de verificação dos dados obtidos e dos ajustes necessários
Coleta de Dados	Realização de contatos, registro de informações e busca de limitação da influência do pesquisador
Análise de Dados	Produção da narrativa que apresentará ao leitor da pesquisa as relações de causa e efeito obtidas no tratamento dos dados levantados
Geração de relatório	Desenho de implicações teóricas e construção de estrutura para replicação

Fonte: Miguel et al.(2012)

A seguir é apresentada a estruturação desta pesquisa em função da condução proposta por Miguel et al. (2012) e aplicada por Kissimoto (2011), descrita no Quadro 4.2, até a escolha dos casos a serem estudados.

Posteriormente, será apresentada a estrutura de coleta de dados para as análises e os resultados que encaminham o estudo de caso de um corredor de transporte de mercadorias apto a ser considerado um corredor verde brasileiro.

4.1.1. Definição da estrutura conceitual teórica

De acordo com Miguel et al. (2012), o primeiro passo para que se desenvolva uma pesquisa através da metodologia de estudo de caso é a construção de um levantamento e mapeamento da literatura existente sobre os temas relacionados às proposições levantadas. Os autores ainda destacam a necessidade de se levantar, tanto as pesquisas teóricas, quanto as pesquisas de caráter empírico, de modo que se identifique possíveis lacunas que podem ser preenchidas e justificar a pesquisa como um todo.

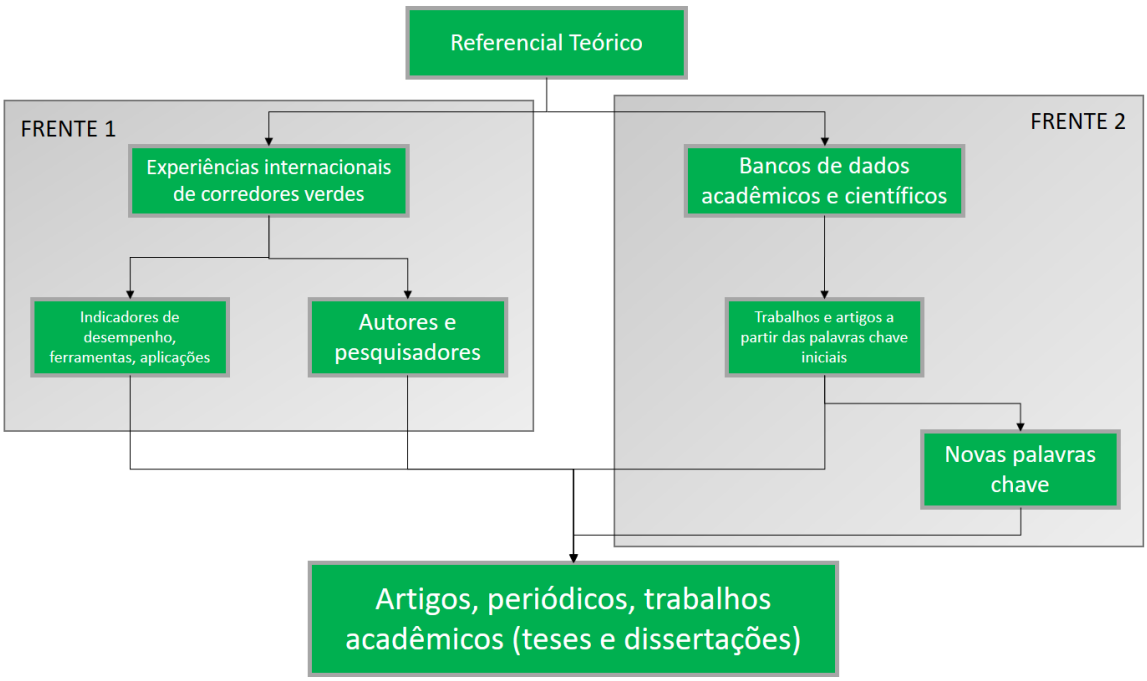
Para este trabalho, foi apresentado nos capítulos 2 e 3 o levantamento do referencial teórico preliminar sobre o assunto e sobre os corredores verdes, garantindo robustez e precisão à pesquisa, uma tarefa dividida em duas frentes:

- Frente 1: Análise de relatórios dos projetos de levantamento de dados, implementação e análise de indicadores de corredores verdes internacionais (*SuperGreen*, SWIFTLY *Green*, etc.). Estes trabalhos são importantes por conterem as experiências e testes já realizados em outros países, permitindo, além de uma conceituação e definição de quais as medidas recomendáveis e quais os indicadores de desempenho ideais para avaliar essas medidas, que se entenda e se exponha o que é preciso para que um corredor de transporte de cargas seja considerado verde.
  Esta análise remete a autores e pesquisadores que estudam o tema a fundo, como Panagakos e Psaraftis (2012), e desencadeiam a busca por outros autores relacionados ao tema.
- Frente 2: Aprofundamento da discussão por meio da busca de termos, conceitos e palavras chave dos negócios de transporte em portais e sites de termos acadêmicos, como o Scopus, Periódicos CAPES e Mendeley. As palavras-chave escolhidas e selecionadas inicialmente levaram à identificação de outros termos e constructos, a partir dos quais se evoluiu na pesquisa bibliográfica. Os termos inicialmente pesquisados foram:
  - Corredores verdes;
  - Corredores de transportes;
  - Sustentabilidade;

- Intermodalidade;
- Cabotagem.

A Figura 4.3 ilustra estas duas frentes consideradas para a construção do conceitual teórico desta pesquisa.

Figura 4.3 - Desenvolvimento da construção do referencial teórico da pesquisa



Fonte: o autor

Ao final desta definição da estrutura conceitual teórica se obtém o embasamento necessário para o prosseguimento da pesquisa. Mais do que isso, é necessário que se obtenha uma lista de indicadores de desempenho (*KPI's*) que possibilite a avaliação de corredores de transporte de cargas existentes no Brasil sob o ponto de vista dos corredores verdes e os níveis de serviço recomendáveis.

4.1.2. Escolha e planejamento do caso a ser estudado

Como apresentado no Capítulo 1 desta pesquisa, pretende-se avaliar os corredores de transportes existentes no Brasil sob o ponto de vista dos corredores verdes, utilizando-se de indicadores de desempenho (*KPI's*) e níveis de serviço definidos, através de um estudo de caso.

Para isso, devem ser selecionados os corredores de transportes objetos de análise desta pesquisa. Tal seleção será realizada em duas etapas: primeiramente, define-se a mercadoria que deve ser transportada nestes corredores. Definido o produto, é feita a escolha do (s) corredor(es) específico(s).

O Brasil possui destaque na produção de commodities, mais especificamente minério de ferro e soja. Segundo dados do Portal AliceWeb, ligado ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (ALICEWEB, 2017), em 2016 o Brasil exportou 51,6 milhões de toneladas de soja e 344,5 milhões de toneladas de minério de ferro. Ainda de acordo com as informações do MDIC, foram os principais produtos exportados no ano em questão.

Dessa forma, define-se que a escolha dos corredores de transportes avaliados selecionará objetos de estudos dentre os considerados para o escoamento de um destes produtos até os portos brasileiros.

Os principais centros produtores destas commodities no Brasil estão localizados longe dos portos, destacando-se o estado Mato Grosso para a soja e Minas Gerais no caso do minério de ferro. Sendo assim, avalia-se que, para escoar estes produtos até os terminais de onde serão exportados, consideráveis distâncias devem ser percorridas.

Para ajudar a definir qual o produto escolhido, foi realizada uma pesquisa no portal de pesquisas do Google, utilizando os termos “soja exportação Brasil” e “minério de ferro exportação Brasil”. A pesquisa referente à soja obteve aproximadamente 2 milhões de resultados, enquanto que a pesquisa sobre o minério resultou em 377 mil. Pode-se concluir que isso aponta que existe uma atenção midiática e da própria sociedade à produção de soja.

Por fim, a forma com a qual atualmente os produtos são transportados faz com que uma atenção especial seja dada à soja, novamente. Isso porque, enquanto o minério de ferro é transportado, basicamente, através de ferrovias operadas muitas vezes pelas próprias mineradoras, a soja ainda utiliza, e muito, o modal rodoviário, conhecidamente menos sustentável (CNT, 2015). Ou seja, existe um grande potencial de "verdificação" destes corredores.

Considerando tais fatores, define-se, portanto, que os corredores estudados serão corredores de transportes utilizados no escoamento de **soja** para exportação. A escolha e definição dos corredores específicos são apresentadas no Capítulo 5.

4.1.3. Roteiro de Pesquisa

Como apresentado por Miguel et al. (2012) e Yin (2015), na execução de um estudo de caso é importante que seja construído um guia para registro das etapas realizadas durante a realização da pesquisa. Em geral, esse registro contém um roteiro da pesquisa, os métodos utilizados para obtenção dos dados e informações sobre os casos analisados e as estratégias de avaliação e análise dos mesmos. Kissimoto (2011) construiu o que Yin (2015) chama de "protocolo de pesquisa" para, segundo a autora, aumentar a confiabilidade da pesquisa.

Yin (2015) estabelece que um protocolo de pesquisa deve conter: visão geral da estrutura do estudo de caso, procedimentos de campo e um guia para construção do relatório de pesquisa.

Para este trabalho, o roteiro de pesquisa estabelecido leva a uma escolha acertada dos casos estudados que, como apresentado na seção 4.1.2, devem ser corredores de transporte de soja para exportação. A partir da seleção dos casos a serem estudados e de um referencial teórico consolidado, a pesquisa deve ser direcionada à busca de dados e informações que possam levar à obtenção dos resultados esperados, e é isso que se propõe neste roteiro de pesquisa, indicar de que forma é construída a base de dados utilizada.

Os corredores de transportes, em geral, são formados por operações intermodais, conforme apresentado no Capítulo 2, o que dificulta a obtenção de dados operacionais, uma vez que as fontes destas informações são diluídas através da cadeia e acabam pertencendo a mais de um operador logístico, dificultando a consolidação e a utilização de estratégias como entrevistas. Além disso, devido à existência de mais de um operador logístico, acaba não existindo uma uniformidade na maneira com a qual as operações ocorrem, uma vez que cada empresa se baseia em conceitos próprios para realização do transporte, algumas delas buscando eficiência, outras o equilíbrio com os custos, etc.

Devido a essa dificuldade, optou-se por buscar as informações e dados referentes aos corredores estudados em fontes já estruturadas e consolidadas, bem como em trabalhos acadêmicos e pesquisas do setor. Dentre estas fontes, destacam-se os anuários estatísticos da Confederação Nacional do Transporte – CNT (CNT, 2012; CNT, 2013; CNT, 2015; CNT, 2016), órgão que trabalha para auxiliar no desenvolvimento das infraestruturas e sistemas de transportes rodoviário, aquaviário e ferroviário no Brasil.

Estudos técnicos da Agência Nacional de Transporte Aquaviário – ANTAQ também contém informações relevantes para operações em modais hidroviário e marítimo e servem como fonte de dados para os estudos de caso.

Nos relatórios citados são encontrados elementos utilizados no cálculo de *KPI's* para os casos estudados e alguns níveis de serviço que impactam, entre outras coisas, nos tempos e métodos das operações.

Outras fontes importantes de informações são os relatórios dos projetos de desenvolvimento de corredores na Europa, especialmente o Projeto *SuperGreen* (MOYANO et al., 2012), que sumariza os *KPI's* relevantes no contexto de um corredor verde, alguns dos benchmarks a serem verificados e as tecnologias que podem ser aplicadas.

Algumas das informações, quando não encontradas nos trabalhos citados, podem ser obtidas em pesquisas acadêmicas, como a de Santos (2015), e, quando necessário, adaptadas às demandas dos estudos realizados. Neste caso, aproveita-se de pesquisas com embasamento teórico e rigor acadêmico para garantir a confiabilidade do estudo.

O roteiro de pesquisa define que, levantadas as informações, é realizado o estudo de caso, que para este trabalho resultará em indicadores de desempenho dos corredores brasileiros selecionados, de acordo com o que é proposto por Moyano et al. (2012). Ao final, melhorias são propostas e avaliadas com objetivo de desenvolver os corredores de transportes brasileiros com foco na sustentabilidade e nos corredores verdes.

5. SELEÇÃO DE CORREDORES E APRESENTAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA ESTUDO DE CASO

Apresentado o referencial teórico, a metodologia utilizada e definido que o produto estudado será a soja, deve-se prosseguir com o detalhamento do caso a ser estudado e sua análise, baseada nos dados levantados e nos conceitos de corredores verdes abordados. Ressalta-se que o estudo de caso deve, primeiramente, apresentar as avaliações dos corredores de acordo com os indicadores de desempenho (*KPI's*) relacionados aos corredores verdes para que, posteriormente, sejam debatidas as possibilidades de melhorias e adequações destes corredores de transporte de cargas em um corredor verde brasileiro.

A apresentação do estudo de caso partirá das justificativas para a escolha das rotas apresentadas, baseada em um panorama das movimentações de soja realizadas no Brasil.

São definidos também os indicadores chaves de desempenho (*KPI's*) considerados para avaliação dos corredores, uma escolha baseada na análise de *Green Corridors* internacionais, e os critérios de avaliação considerados, de modo a possibilitar a posterior análise dos corredores e a identificação dos pontos críticos existentes, permitindo a seleção de tecnologias com o objetivo de transformar as rotas em corredores verdes.

5.1. Escolha das Rotas de Escoamento da Soja

Como descrito anteriormente, as rotas consideradas neste estudo são utilizadas para o transporte de soja para exportação e serão escolhidas com base nos critérios apresentados a seguir, para que, definidos os corredores estudados, sejam analisados os *KPI's* relacionados aos corredores verdes e, posteriormente, aplicadas as possíveis melhorias através das tecnologias propostas.

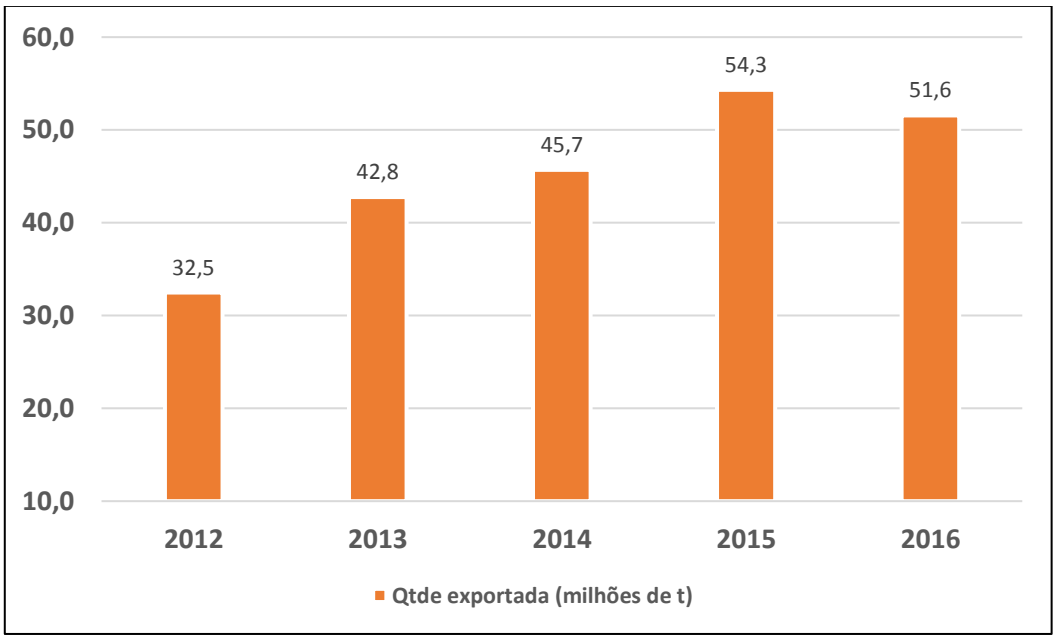
Os corredores escolhidos são utilizados para a exportação de soja, uma vez que o Brasil é um dos maiores produtores do mundo e exporta grande parte dessa produção (EMBRAPA, 2017). A escolha é baseada nos volumes escoados aos portos marítimos para serem exportados, nas complementaridades existentes entre eles e na necessidade de otimização das operações.

As justificativas para a escolha dos corredores são apresentadas a seguir.

5.1.1. O Contexto da Soja no Brasil

Ao longo dos últimos anos, a exportação de soja brasileira cresceu significativamente. Dados oficiais do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, obtidos no AliceWeb (2017), mostram que de 2012 a 2016 houve um crescimento consistente dos volumes de soja exportados, com queda somente de 2015 para o ano seguinte. Para a busca destes dados foi considerado o produto cuja descrição é “Soja, mesmo triturada, exceto para semeadura”. O gráfico da Figura 5.1 mostra a evolução dos volumes exportados, em milhões de toneladas.

Figura 5.1 - Volumes de soja exportados pelo Brasil entre 2012 e 2016 (milhões de t)



Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

Observa-se, portanto, que o aumento no volume exportado foi de aproximadamente 20 milhões de toneladas, em termos percentuais, 58,9% de aumento na demanda transportada entre 2012 e 2016, com um pico de demanda no ano de 2015.

Desse total exportado, pode-se verificar os estados que mais contribuíram com a produção de soja. A Tabela 5.1 apresenta as quantidades exportadas pelos 10 estados que mais contribuíram para o total de exportações no mesmo período, entre 2012 e 2016, o que possibilita observar que os três maiores exportadores de soja são, na ordem, Mato Grosso (MT), Rio Grande do Sul (RS) e Paraná (PR), responsáveis por 62,7% do total exportado nesses cinco anos.

Tabela 5.1 - Volumes de soja exportados, em milhões de toneladas, por UF, entre 2012 e 2016

Estados (UF)	Volume exportado (milhões de t)	Volume exportado %	Volume exportado % acumulado
MATO GROSSO	66.767.024	29,4%	29,4%
RIO GRANDE DO SUL	39.340.238	17,3%	46,8%
PARANA	36.165.445	15,9%	62,7%
GOIAS	16.169.516	7,1%	69,8%
MATO GROSSO DO SUL	12.429.414	5,5%	75,3%
SAO PAULO	11.361.517	5,0%	80,3%
BAHIA	9.047.543	4,0%	84,3%
MINAS GERAIS	8.102.790	3,6%	87,9%
MARANHAO	6.866.072	3,0%	90,9%
SANTA CATARINA	6.194.007	2,7%	93,7%
Outros	14.395.224	6,3%	100,0%

Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

Em uma análise ano a ano, verifica-se que estes mesmos três estados se mantiveram na liderança do volume exportado nos cinco anos verificados, de 2012 a 2016, sendo que apenas em 2012 a ordem não foi a mesma observada na Tabela 5.1. Naquele ano, o Paraná exportou uma quantidade de soja maior que o Rio Grande do Sul, como pode ser observado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Volumes de soja exportados (em milhões de t) pelos principais Estados (UF) anualmente entre 2012 e 2016

	Estados (UF)	Volume exportado (milhões de t)	Volume exportado %	Volume exportado % acumulado
2012	MATO GROSSO	10.523.396	32,4%	32,4%
	PARANA	6.281.373	19,4%	51,8%
	RIO GRANDE DO SUL	3.585.648	11,0%	62,8%
	Outros	12.070.996	37,2%	100,0%
2013	MATO GROSSO	12.295.500	28,7%	28,7%
	RIO GRANDE DO SUL	7.872.789	18,4%	47,1%
	PARANA	7.511.618	17,6%	64,7%
	Outros	15.108.554	35,3%	100,0%
2014	MATO GROSSO	14.211.027	31,1%	31,1%
	RIO GRANDE DO SUL	7.698.506	16,8%	48,0%
	PARANA	6.621.838	14,5%	62,4%
	Outros	17.157.477	37,6%	100,0%
2015	MATO GROSSO	14.514.829	26,7%	26,7%
	RIO GRANDE DO SUL	10.653.865	19,6%	46,3%
	PARANA	7.779.670	14,3%	60,7%
	Outros	21.374.238	39,3%	100,0%
2016	MATO GROSSO	15.222.273	29,5%	29,5%
	RIO GRANDE DO SUL	9.529.430	18,5%	48,0%
	PARANA	7.970.946	15,5%	63,4%
	Outros	18.854.817	36,6%	100,0%

Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

Sendo assim, é cabível admitir que as rotas de transportes de soja estudadas devem ser escolhidas de forma que o centro produtor, nó de origem da rede logística, esteja localizada no Mato Grosso, no Rio Grande do Sul ou no Paraná, dada a importância destes três estados na exportação de soja, conforme observado. Definido que a origem dos corredores estudados deve estar localizada em uma destas três unidades federativas, define-se o porto de origem da viagem marítima até o país de destino, o nó final da rede logística considerada.

Para tanto, são levantadas as informações sobre quais os portos que mais carregam os navios que levam a soja exportada para outros países, tais informações são obtidas, novamente, no Portal AliceWeb (2017) e estão apresentados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Volumes de soja (em milhões de t) exportados por porto entre 2012 e 2016

Descrição do Porto	2012	2013	2014	2015	2016	Vol. Exp. (milhões de t)	Vol.exp %	Vol. Exp. acum. %
SANTOS - SP	10,2	12,9	12,7	13,0	14,5	63,3	27,9%	27,9%
RIO GRANDE - RS	3,5	8,2	8,2	11,4	9,7	41,0	18,1%	46,0%
PARANAGUA - PR	6,8	7,7	7,5	8,5	8,2	38,8	17,1%	63,1%
S FRANCISCO DO SUL - SC	2,8	4,0	4,9	4,6	4,0	20,3	9,0%	72,0%
SAO LUIS - MA	2,8	3,0	3,1	5,0	3,9	17,7	7,8%	79,8%
VITORIA - ES	2,4	2,8	3,1	3,8	2,9	15,1	6,6%	86,5%
SALVADOR - BA	1,7	1,8	2,0	2,7	1,4	9,6	4,2%	90,7%
MANAUS - AM	1,3	1,3	1,4	1,7	2,0	7,7	3,4%	94,1%
BARCARENA - PA	0,0	0,0	1,1	2,2	2,2	5,5	2,4%	96,5%
SANTAREM - PA	0,9	1,0	0,9	1,0	1,7	5,5	2,4%	98,9%
IMBITUBA - SC	0,0	0,0	0,5	0,3	1,1	1,8	0,8%	99,7%
ILHEUS - BA	0,0	0,1	0,2	0,0	0,1	0,3	0,1%	99,9%
ARACAJU - SE	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1%	100,0%
OUTROS	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0%	100,0%

Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

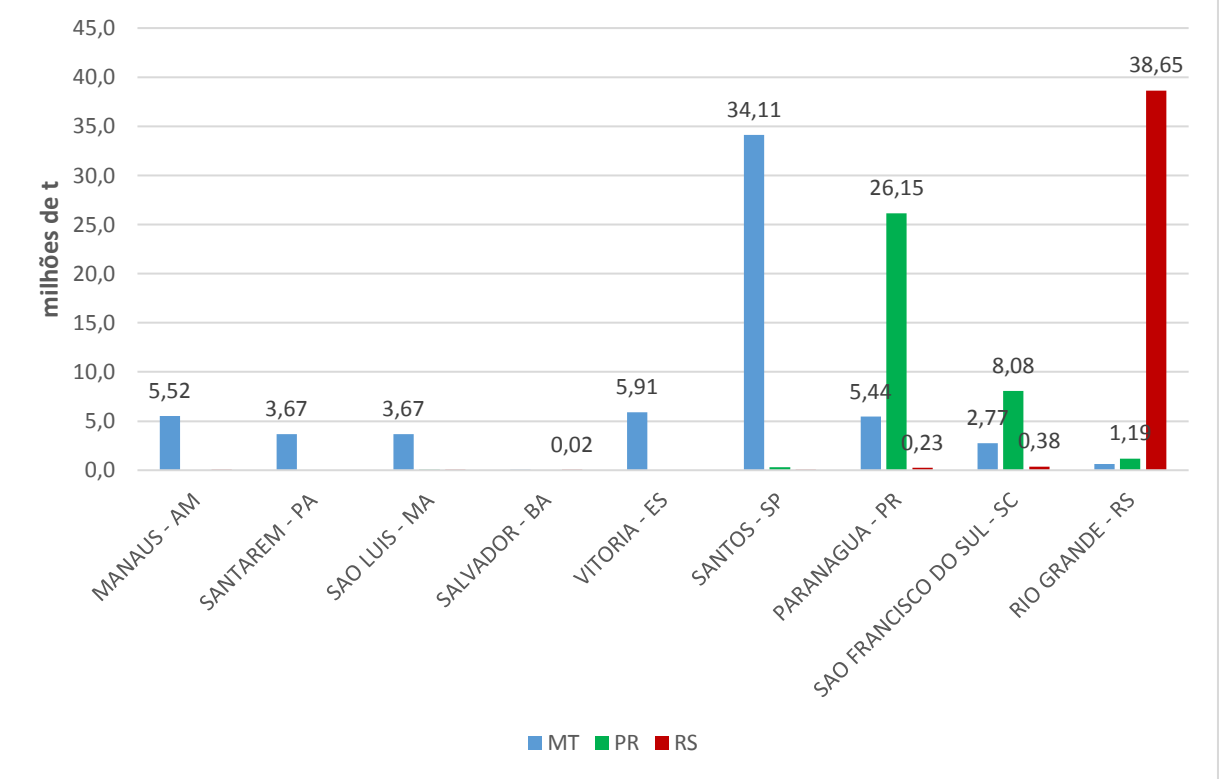
Esta Tabela 5.3 mostra a relevância que os portos de Santos (SP), Rio Grande (RS) e Paranaguá (PR) têm para o escoamento das cargas de soja exportadas pelo Brasil (todos os estados). Destaque é dado também para os portos de São Francisco do Sul (SC) e São Luís (MA).

A soja transportada para estes portos é produzida em diferentes locais, em diferentes estados brasileiros. Como deseja-se a partir desta análise definir os principais corredores para a exportação de soja, cabe analisar, através de uma matriz de origem e destino, quais os volumes de soja transportados a partir de cada um dos três principais estados (MT, RS e PR) para cada um dos principais portos apontados, de modo a verificar quais as rotas interiores mais utilizadas para transporte de soja. Tais dados, novamente, podem ser levantados no Portal AliceWeb (2017), e a matriz de origem e destino é construída, ano a ano, para as cargas movimentadas a partir dos estados mencionados.

O gráfico da Figura 5.2 mostra as quantidades exportadas (milhões de toneladas), a partir dos portos mais utilizados, organizados de norte a sul do país, da soja produzida nos estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul. Observa-se a partir do gráfico as quantidades relevantes de soja produzida no Mato Grosso e exportada a partir do Porto de Santos, de soja produzida no

Paraná e exportada pelo Porto de Paranaguá e da soja produzida no estado do Rio Grande do Sul e exportada pelo Porto de Rio Grande, no litoral gaúcho.

Figura 5.2 - Volumes (milhões de t) de soja exportada entre 2012 e 2016 de acordo com os portos e estados produtores



Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

Para facilitar a visualização, serão apresentadas tabelas individuais para cada estado. Na Tabela 5.4 são apresentadas as quantidades exportadas por cada porto com produção realizada no Mato Grosso.

Tabela 5.4 - Volumes transportados desde o estado do Mato Grosso, de 2012 a 2016, para cada porto marítimo brasileiro

Porto	2012	2013	2014	2015	2016	Vol. Exp. (milhões de t)	Vol.exp. %	Vol. Exp. % acumulado
SANTOS - SP	6,14	7,13	7,20	6,50	7,15	34,11	51,1%	51,1%
VITORIA - ES	0,78	1,16	1,39	1,68	0,90	5,91	8,9%	59,9%
MANAUS - AM	1,09	0,95	0,91	1,13	1,43	5,52	8,3%	68,2%
PARANAGUA - PR	1,25	1,22	1,49	0,85	0,63	5,44	8,2%	76,4%
BARCARENA - PA	0,00	0,00	0,62	1,62	1,81	4,05	6,1%	82,4%
SAO LUIS - MA	0,28	0,54	0,51	1,03	1,32	3,67	5,5%	87,9%
SANTAREM - PA	0,53	0,66	0,62	0,61	1,25	3,67	5,5%	93,4%
Outros	0,45	0,64	1,46	1,10	0,73	4,39	6,6%	100,0%

Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

A Tabela 5.4 mostra que 51,1% da soja para exportação produzida no estado do Mato Grosso é transportada até o Porto de Santos para que possam ser levadas por via marítima até seus compradores, cerca de 34 milhões de toneladas. Considerando o volume total exportado pelo Brasil entre 2012 e 2016 igual a 232,8 milhões de toneladas, calcula-se, então, que 15% deste total é transportado do estado mato-grossense até o Porto de Santos, o maior da América Latina (BALBINO, 2016). Destaque também para as quantidades levadas até os Portos de Vitória e Paranaguá, além dos portos localizados ao norte do Mato Grosso, como Manaus e Santarém.

Já a Tabela 5.5 apresenta as quantidades transportadas, ano a ano, entre 2012 e 2016, a partir dos centros produtores localizados no Rio Grande do Sul aos portos marítimos brasileiros. É possível observar que praticamente toda a soja para exportação produzida no Rio Grande do Sul, cerca de 98%, é levada para o Porto de Rio Grande, localizado no litoral do estado. Diferentemente do estado do Mato Grosso, cuja capital Cuiabá é a mais distante do mar, o Rio Grande do Sul é banhado pelo Oceano Atlântico e conta com um porto com capacidade para escoar sua produção de soja.

Tabela 5.5 - Volumes transportados desde o estado do Rio Grande do Sul, de 2012 a 2016, para cada porto marítimo brasileiro

Porto	2012	2013	2014	2015	2016	Vol. Exp. (milhões de t)	Vol. Exp. %	Volume exp.% acum.
RIO GRANDE - RS	3,50	7,77	7,62	10,61	9,13	38,65	98,2%	98,2%
SAO FRANCISCO DO SUL - SC	0,08	0,06	0,05	0,04	0,15	0,38	1,0%	99,2%
PORTO DE PARANAGUA - PR	0,01	0,01	0,01	0,00	0,20	0,23	0,6%	99,8%
IMBITUBA - SC	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,1%	99,9%
OUTROS	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04	0,1%	100,0%

Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

Por fim, a Tabela 5.6 mostra as quantidades de soja para exportação que são levadas para os portos brasileiros a partir dos centros produtores localizados no Paraná, anualmente, entre 2012 e 2016.

Tabela 5.6 - Volumes transportados desde o estado do Paraná, de 2012 a 2016, para cada porto marítimo brasileiro

Porto	2012	2013	2014	2015	2016	Vol. Exp. (milhões de t)	Vol. Exp. %	Vol. Exp. % acum.
PARANAGUA - PR	4,76	5,29	4,81	5,74	5,54	26,15	72,3%	72,3%
S FRANCISCO DO SUL - SC	1,49	1,85	1,47	1,68	1,59	8,08	22,3%	94,6%
RIO GRANDE - RS	0,00	0,30	0,21	0,29	0,39	1,19	3,3%	97,9%
IMBITUBA - SC	0,00	0,00	0,09	0,00	0,32	0,41	1,1%	99,1%
SANTOS - SP	0,03	0,07	0,02	0,06	0,14	0,31	0,9%	99,9%
Outros	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,02	0,1%	100,0%

Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

Como era de se esperar, a Tabela 5.6 mostra que o principal porto utilizado pelos produtores de soja paranaenses para escoamento de seu produto é o Porto de Paranaguá, localizado no mesmo estado, embora haja considerável transporte de soja até o Porto de São Francisco do Sul, no estado vizinho de Santa Catarina.

Sendo assim, de forma resumida, para cada um dos três principais estados exportadores de soja, temos:

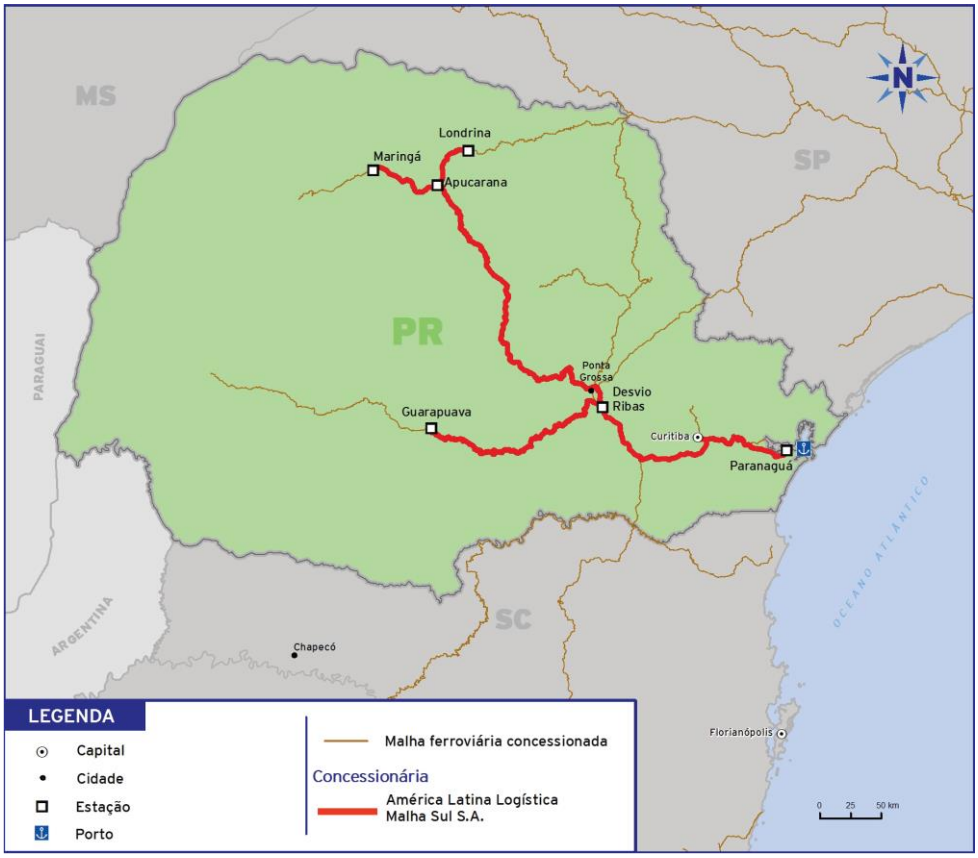
- Mato Grosso: O porto mais utilizado para escoamento da soja é o Porto de Santos, com destaque também para os portos de Vitória e Paranaguá, além de portos localizados ao norte, como Manaus e Santarém;
- Rio Grande do Sul: quase toda a soja produzida para exportação no estado é encaminhada para o Porto de Rio Grande, aproximadamente 98% do total produzido entre 2012 e 2016;
- Paraná: Assim como no caso do Rio Grande do Sul, a soja exportada a partir do Paraná utiliza de forma muito consistente o porto localizado no litoral do estado, o Porto de Paranaguá, com destaque para o Porto de São Francisco do Sul, no estado vizinho de Santa Catarina.

Sabe-se, então, quais os principais centros produtores regionais e os portos mais utilizados por estes exportadores para escoamento da soja até o país de destino, o que encaminha a busca por corredores significativos para o estudo. Dentre os corredores de transporte de soja possíveis, existe a possibilidade de utilização dos três principais modais de transportes (rodoviário, ferroviário e hidroviário-fluvial), dependendo somente de peculiaridades geográficas, da geomorfologia (relevo e outros aspectos ambientais) das rotas e da infraestrutura disponível, assim é, portanto, necessário que se busque de forma mais específica de onde partem os veículos carregados com a soja para exportação, para que se definam as características modais dos corredores avaliados.

O Paraná, embora seja o terceiro maior exportador de soja do país, é o segundo estado que mais cultiva o produto (EMBRAPA, 2017). Como observado na Tabela 5.6, a maior parte da produção destinada à exportação segue para o Porto de Paranaguá, localizado no litoral do Estado, e grande parte desse total é transportado de trem desde os centros produtores espalhados, principalmente, pelo noroeste do estado (CNT, 2015). Grande parte desta produção destinada à exportação é levada aos portos através das rodovias que cortam o estado, em viagens de até 1.000 km de distância. Além disso, o Paraná tem uma malha ferroviária desenvolvida para o transporte da soja, sob operação da Rumo Logística, que auxilia no transporte da soja até o porto de Paranaguá e pode ser utilizada como parte da distância percorrida até o Porto de São Francisco do Sul.

A Figura 5.3 apresenta uma representação do trajeto realizado pela ferrovia Paranaguá no estado paranaense.

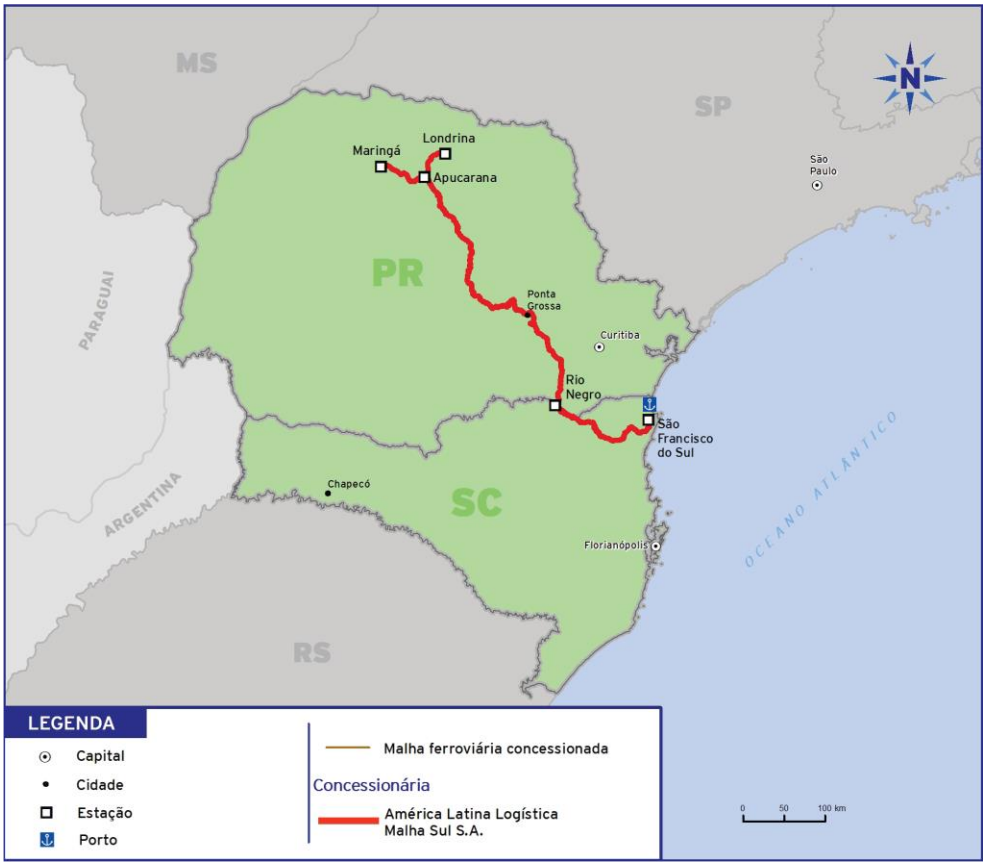
Figura 5.3 - Corredor de transporte ferroviário até o Porto de Paranaguá



Fonte: CNT (2015)

A Figura 5.4 apresenta também a extensão da ferrovia no trecho até o Porto de São Francisco do Sul.

Figura 5.4 - Corredor de transporte ferroviário até o Porto de São Francisco do Sul



Fonte: CNT (2015)

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte - CNT em seu estudo sobre as ferrovias brasileiras (CNT, 2015), o traçado utilizado para o transporte de mercadorias até o Porto de São Francisco do Sul em Santa Catarina coincide com a ferrovia Paranaguá nos trechos entre Maringá e Londrina e o Desvio Ribas. O corredor ferroviário é dividido em cinco trechos, sendo eles:

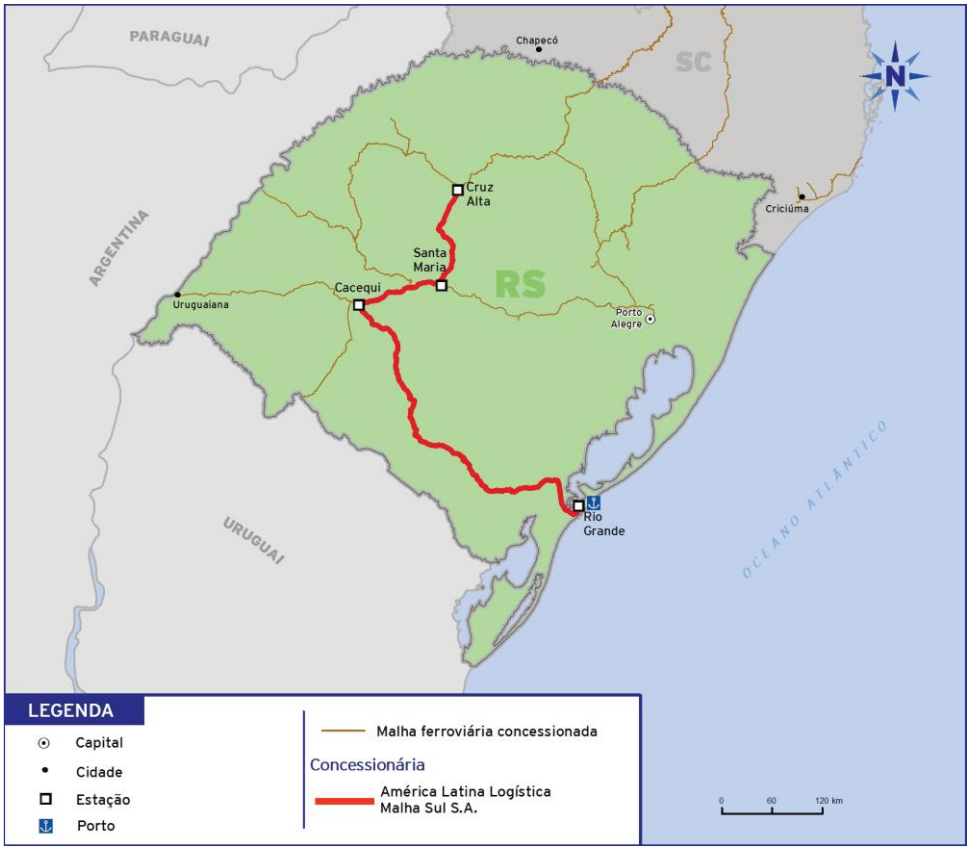
- Maringá – Apucarana;
- Londrina – Apucarana;
- Apucarana – Desvio Ribas;
- Guarapuava – Desvio Ribas;
- Desvio Ribas – Paranaguá.

Ao longo do trajeto, as produções de soja percorrem, em geral, distâncias entre 300 e 400 quilômetros até a ferrovia, desde os principais produtores de soja do estado, como por exemplo os municípios de Tibagi, Cascavel, Castro, Toledo e Ponta Grossa (SEAB- PR, 2017, ver Anexo C).

O transporte da soja produzida no Rio Grande do Sul para exportação é realizado de maneira muito semelhante à maneira como é feito no Paraná, através de rodovias e ferrovia. Basicamente, a malha ferroviária está presente em pontos estratégicos do estado (CNT, 2015), e a soja é transportada de rodovia desde os municípios produtores até o Porto de Rio Grande ou até essa malha que encaminha a soja de ferrovia.

O corredor ferroviário Rio Grande também é operado pela Rumo e tem 737,9 km de extensão, conectando as cidades de Cruz Alta, Santa Maria e Cacequi ao Porto do Rio Grande (CNT, 2015). A Figura 5.5 ilustra a extensão da ferrovia Rio Grande.

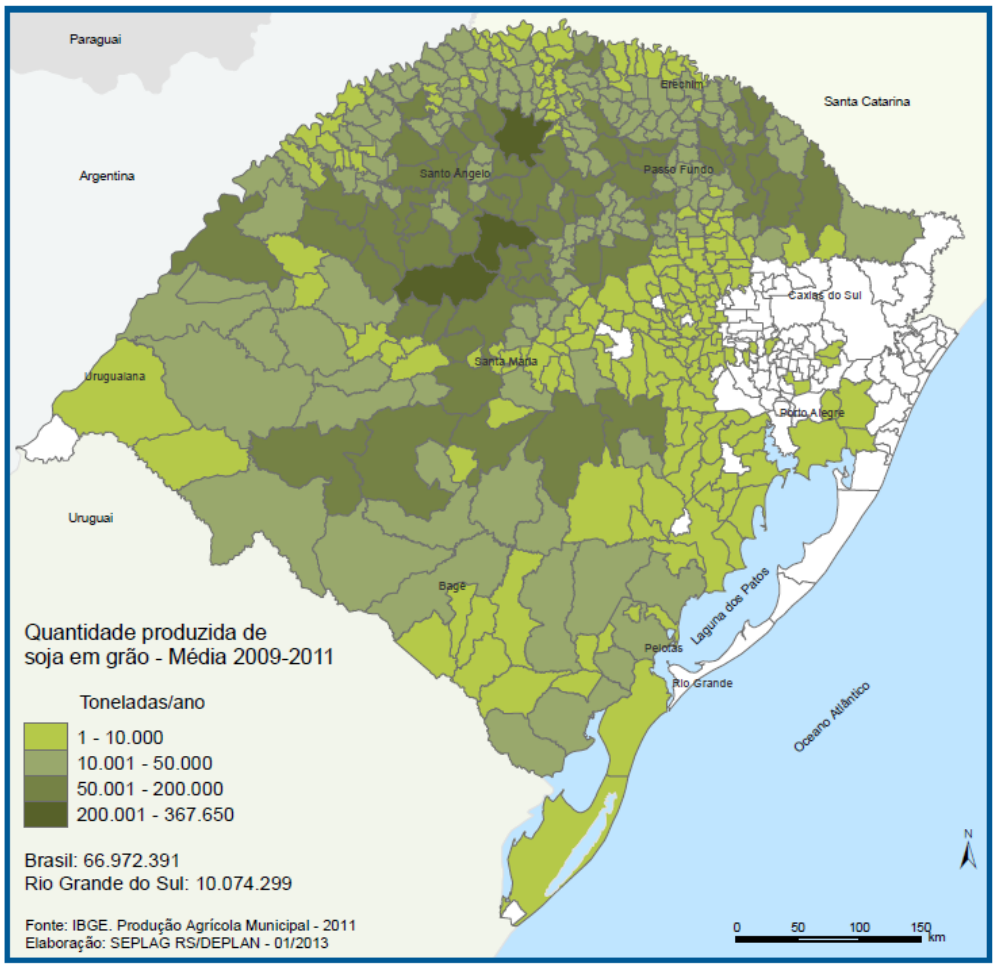
Figura 5.5 - Corredor de transporte ferroviário até o Porto de Rio Grande



Fonte: CNT (2015)

Os principais produtores de soja no estado do Rio Grande do Sul estão localizados relativamente próximos à ferrovia Rio Grande, como é apresentado na Figura 5.6.

Figura 5.6 - Municípios produtores de soja no Rio Grande do Sul



Fonte: Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional do Rio Grande do Sul – SEPLAG RS/DEPLAN, adaptado de IBGE (2013)

Pela Figura 5.6 observa-se que três municípios se destacam na produção de soja, produzindo mais de 200 mil toneladas, são eles: Cruz Alta, Palmeira das Missões e Tupanciretã. A partir destes três municípios a soja é transportada até o Porto de rio Grande da seguinte forma:

- Cruz Alta: A soja é encaminhada até o porto de Rio Grande de ferrovia, e a distância percorrida é de 778,8 km;
- Palmeira das Missões: A soja é levada até Cruz Alta de rodovia (98 km de distância) e depois segue de ferrovia até o porto de Rio Grande;

- Tupanciretã: A soja é levada até o município de Santa Maria de rodovia e depois segue de ferrovia até Rio Grande. O primeiro trecho tem 108 km e o segundo 634,1 km.

Basicamente, as rotas da soja a partir dos municípios produtores do Rio Grande do Sul se utilizam desta combinação entre os modais rodoviário e ferroviário para que cheguem ao Porto de Rio Grande, assim como no Paraná, fazendo com que as análises dos corredores utilizados a partir dos indicadores de desempenho dos corredores verdes não possam ser comparadas a outras opções de corredores nestes estados.

Por fim, deve-se analisar as rotas originárias do maior produtor e exportador de soja no Brasil, o Mato Grosso. Por se tratar de um estado localizado na Região Centro Oeste do Brasil, distante de qualquer saída para o Oceano Atlântico, as operações logísticas para escoamento da soja mato-grossense são um pouco diferentes, uma vez que as distâncias são maiores e que o Mato Grosso não dispõe das infraestruturas ferroviárias existentes na região Sul. Além disso, como descrito anteriormente, a exportação da soja produzida no Mato Grosso não se concentra em um ou dois portos, como acontece no Paraná e no Rio Grande do Sul, o que aumenta as opções de transportes e utilização modal, fazendo com que uma análise de tais opções sob o ponto de vista dos *KPI's* dos corredores verdes tenha a relevância necessária para este estudo, possibilitando comparações entre alternativas. Assim, o estudo passa a focar na produção de soja para exportação realizada no Mato Grosso.

5.1.2. A soja no Mato Grosso

Otimizar o sistema de transporte de determinado produto é uma das formas de reduzir custos e gerar maior produtividade dentro de uma cadeia de suprimentos e a escolha do melhor modal para transportar a carga desejada é o maior desafio dos operadores logísticos ao decidirem como operar com agilidade, flexibilidade, segurança, baixos custos e capacidade de transporte, considerando a natureza da carga. Considerando a cadeia global da soja produzida no estado do Mato Grosso para exportação, deve-se atentar ao fato de que muitos fatores sociais,

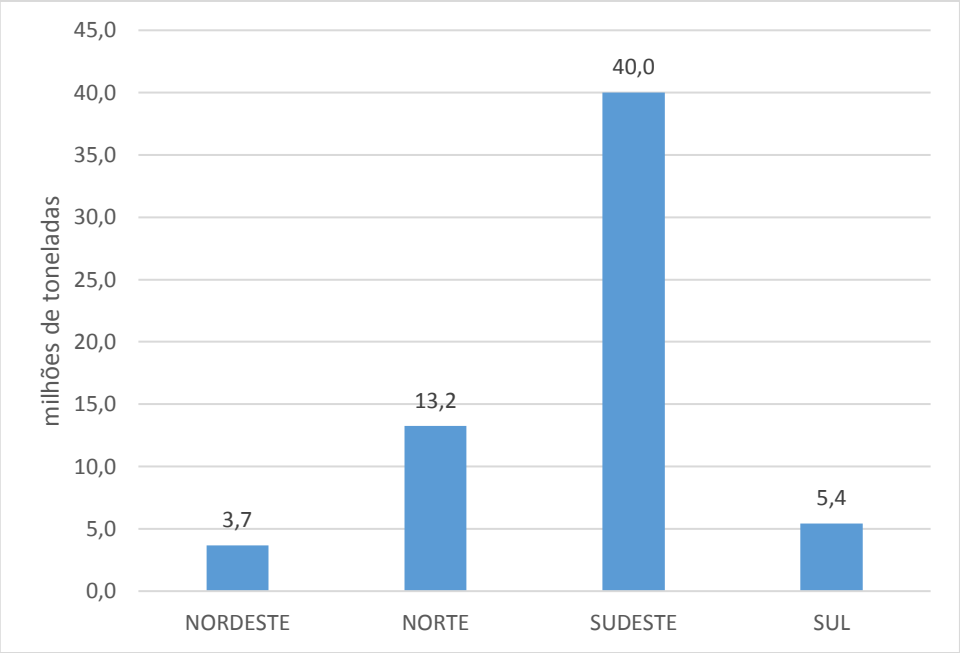
econômicos e geográficos influenciam na forma com a qual este produto deve ser levado até os portos de onde seguirão para os clientes importadores.

Um aspecto relevante da utilização das rotas é o fato de alguns portos receberem a soja do Mato Grosso para exportação a partir de rotas similares, como é o exemplo dos portos de Manaus e Santarém, que exportam a soja depois de a mesma ter atravessado a hidrovia do Rio Madeira. Em função disso, os portos podem ser agrupados de acordo com a região do país, no caso, as quatro regiões que possuem acesso territorial ao mar, a partir dos dados observados na Tabela 5.4, apresentada na seção 5.1.1:

- Portos do Nordeste: São Luís (MA). A Região Nordeste é a região que exporta a menor quantidade da soja do Mato Grosso;
- Portos do Norte: são os portos de Barcarena (PA), Manaus (AM) e Santarém (PA). As rotas para estes portos têm a particularidade de utilizar o transporte hidroviário no Rio Madeira;
- Portos do Sudeste: São os portos de Santos (SP) e Vitória (ES). É a região que mais exporta a soja mato-grossense, sendo o porto de Santos o maior exportador de soja;
- Portos do Sul: Porto de Paranaguá (PR). Apesar da distância geográfica, exportou 5,4 milhões de toneladas entre 2012 e 2016.

O gráfico da Figura 5.7, baseado nos dados da Tabela 5.4 para os sete portos mencionados, apresenta as quantidades de soja produzida no Mato Grosso exportadas pelos portos de cada região do país, em milhões de toneladas, entre 2012 e 2016.

Figura 5.7 - Quantidades de soja produzida no Mato Grosso, em milhões de toneladas, exportadas pelos principais portos de cada região entre 2012 e 2016



Fonte: MDIC, AliceWeb (2017)

De acordo com o IBGE, em 2015, 14 dos 20 municípios que mais produziram soja no Brasil eram localizados no estado do Mato Grosso. Tal informação é apresentada na Tabela 5.7, que apresenta um total de 97,4 milhões de toneladas de soja produzidas em 2015, valor que se comparado aos valores da Tabela 5.2 (exportação de 54,3 milhões de toneladas) mostra que no ano de 2015, 55,7% da soja produzida no país foi exportada.

Tabela 5.7 - Quantidade de soja produzida por município em 2015

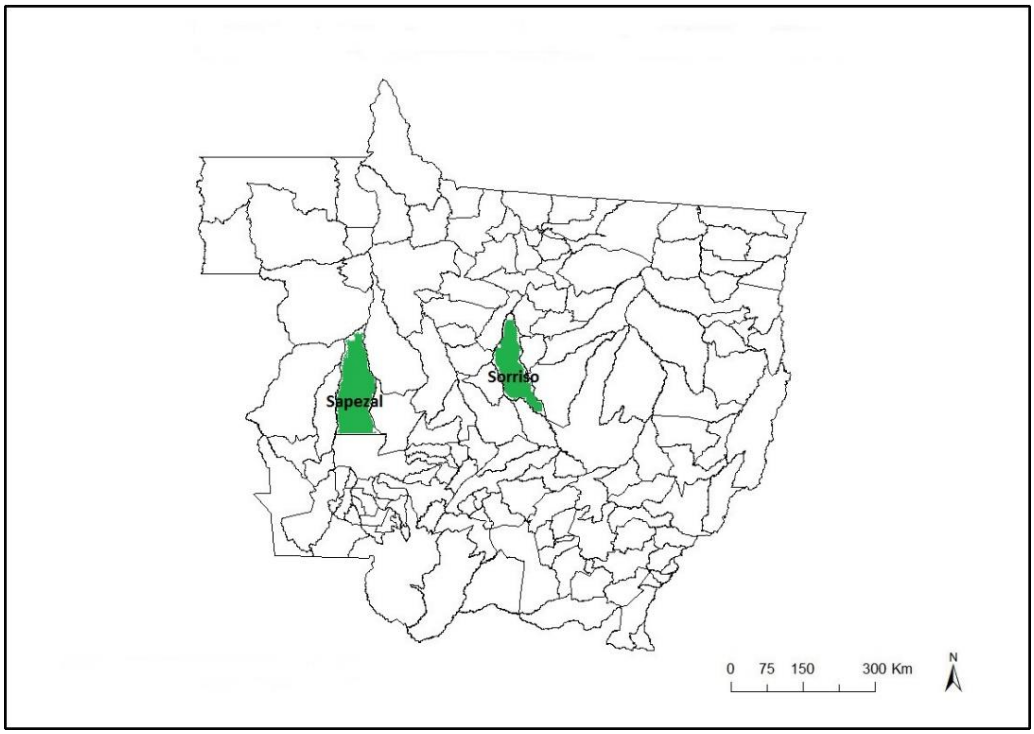
Município	UF	Qtde produzida (t)	Participação (%)
Sorriso	MT	1.951.710,0	2,0%
Sapezal	MT	1.222.500,0	1,3%
Campo Novo do Parecis	MT	1.197.900,0	1,2%
Nova Mutum	MT	1.181.830,0	1,2%
São Desidério	BA	1.134.000,0	1,2%
Formosa do Rio Preto	BA	1.123.200,0	1,2%
Nova Ubiratã	MT	1.118.400,0	1,1%
Querência	MT	1.017.600,0	1,0%
Diamantino	MT	995.960,0	1,0%
Jataí	GO	837.900,0	0,9%
Primavera do Leste	MT	806.933,0	0,8%
Maracaju	MS	775.200,0	0,8%
Rio Verde	GO	744.000,0	0,8%

Município	UF	Qtde produzida (t)	Participação (%)
Canarana	MT	719.100,0	0,7%
Lucas do Rio Verde	MT	712.500,0	0,7%
Brasnorte	MT	698.610,0	0,7%
São Félix do Araguaia	MT	689.606,0	0,7%
Campo Verde	MT	654.060,0	0,7%
Ponta Porã	MS	630.000,0	0,6%
Campos de Júlio	MT	610.617,0	0,6%
Demais municípios		78.643.310,0	80,7%

Fonte: o autor, adaptado de IBGE (2016)

Admitindo que os municípios que mais produzem soja são também aqueles que mais exportam, mais uma vez deve-se atentar à importância dos produtores mato-grossenses, em cidades como Sorriso e Sapezal, por exemplo. A Figura 5.8 apresenta a localização destes dois municípios.

Figura 5.8 - Localização dos municípios de Sapezal e Sorriso, no Mato Grosso



Fonte: o autor

A partir de tais informações é possível afirmar que dentre os corredores de transporte da soja mato-grossense com maior relevância devem ser contemplados os municípios de Sorriso e Sapezal, bem como o Porto de Santos,

algum dos portos localizados na Região Norte do país e possivelmente o Porto de Paranaguá, devido à quantidade considerável exportada mesmo estando em uma região mais distante, a Região Sul.

Por fim, antes de se determinar quais os corredores escolhidos para o estudo de caso, destaca-se a infraestrutura de transportes disponível para escoamento da soja produzida no Mato Grosso. Pode-se dizer que, nos últimos anos, o crescimento observado na produção de soja no estado em questão não foi acompanhado por melhorias na rede de transporte em ritmo semelhante. Tudo isso faz com que a participação dos custos de transportes na composição do preço final do produto é consideravelmente grande (Kussano e Batalha, 2012).

Kussano e Batalha (2012) alertam ainda para o fato de que os fatores logísticos impedem um crescimento ainda mais consistente das produções de soja, com destaque para os problemas de transportes relacionados à má conservação das estradas utilizadas e aos problemas de falta de oferta de transporte encontrado nos períodos de safra do produto. Os autores destacam também que os modais ferroviário e hidroviário não estão livres de problemas semelhantes.

Para se caracterizar os corredores considerados no estudo de caso apresentado, devem ser identificadas as alternativas modais existentes para que a soja seja levada aos portos de exportação. As rotas podem utilizar os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, e as principais opções em cada um destes modais são apresentadas no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 - Alternativas modais existentes no estado do Mato Grosso

Modal	Descrição	Fonte
Ferroviário	Destaque para a Ferronorte, que atualmente conta com 104 km de trilhos, entre Alto Araguaia/MT e a divisa com o Mato Grosso do Sul. Daí, a soja segue para Aparecida do Taboado/MS, rumo ao Estado de São Paulo (Ferroban) e pode seguir com destino ao Porto de Santos.	Azevedo (2014) CNT (2015)
Hidroviário	A hidrovia Madeira/ Amazonas tem contribuído para o transporte da produção de soja do Mato Grosso apresentando boas condições para navegação. Entretanto, seu ponto de partido está localizado em Porto Velho/ RO, necessitando, portanto de um trecho de transporte rodoviário. De Porto Velho, a soja segue pelo Madeira com destino a Itacoatiara/AM, de onde continua no Rio Amazonas até os portos de Manaus ou Santarém. A soja também pode ser escoada pela hidrovia do Rio Tietê, onde chega também a partir de viagens rodoviárias.	CNT (2013) Toledo (2007)
Rodoviário	As principais rodovias que cruzam o estado do Mato Grosso são as estaduais MT-130, MT-208, MT-240, MT-246, MT-255, MT-320, MT-343, MT-358, MT-407, MT-483 e as federais BR-070, BR-158, BR-163, BR-174, BR-242, BR-251 e BR-364, com destaque para a BR-163 e para a BR-364.	CNT (2016) Correia e Ramos (2010) Toledo (2007)

Fonte: o autor

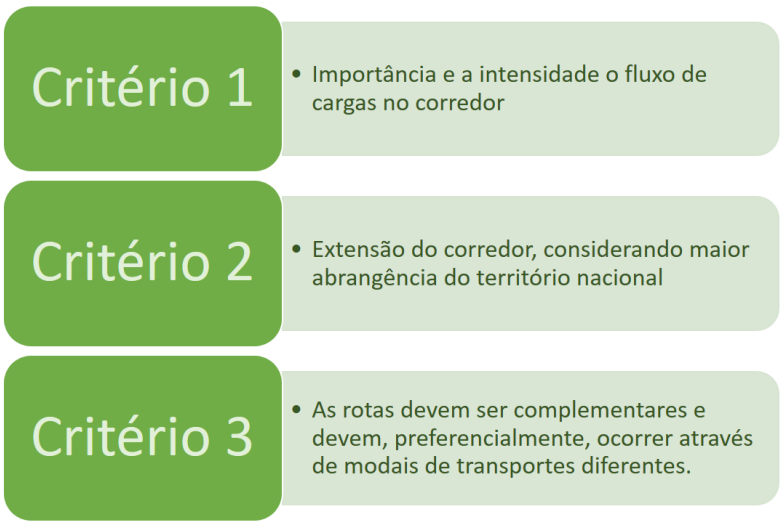
As informações apresentadas no Quadro 5.1 dão uma ideia geral das possibilidades de rotas existentes para o escoamento da soja a partir do Mato

Grosso para exportação. A seguir, são apresentados os corredores escolhidos para o estudo de caso.

5.1.3. Escolha das rotas

Para escolha das rotas utilizadas no estudo de caso, foram considerados três critérios, apresentados na Figura 5.9.

Figura 5.9 - Critérios adotados para seleção dos corredores considerados no estudo de caso



Fonte: o autor

A partir destes critérios, estabelece-se que devem ser estudados corredores de transporte de soja com fluxos consideráveis, extensos e que não possuam semelhanças entre si ao longo de sua extensão, sendo, preferencialmente, como mostra a Figura 5.9, ocorrer através de modais de transportes diferentes. É preferível, portanto, que se considere os três modais possíveis (rodoviário, hidroviário e ferroviário) e diferentes formas de combinação.

De acordo com esses três critérios, são escolhidos os pontos de origem e destino final e as rotas entre estes. Segundo o primeiro critério, a partir do qual se leva em consideração os volumes transportados, são selecionados, como nós de

origem, os municípios de Sorriso ou Sapezal, no Estado do Mato Grosso, maiores produtores de soja do país (Tabela 5.7) e o Porto de Santos, por ser o porto com maior volume de soja exportada. Sendo assim, um primeiro corredor selecionado pode ser o que considere o transporte entre **Sorriso (MT) e Santos (SP)**.

Pelo segundo critério, definiu-se que devem ser selecionados portos localizados na região Norte e na região Sul, por se tratarem de extremos geográficos do território nacional. Na região Sul, define-se o Porto de Paranaguá, por ser o único com considerável volume de soja mato-grossense exportada, já para a região Norte, escolhe-se o Porto de Santarém, devido ao fato de o trajeto até tal porto necessitar de um trecho maior de utilização do modal hidroviário em relação ao trajeto até o Porto de Manaus.

Sendo assim, outros dois corredores com origem em Sorriso e Sapezal são analisados e, contemplando também terceiro critério, define-se que estes corredores ligam **Sapezal (MT) a Santarém (PA)** (Sapezal a oeste de Sorriso, exclui-se um trecho rodoviário da viagem até Porto Velho), corredor este que inclui a utilização do modal hidroviário, e **Sorriso (MT) a Paranaguá (PR)**.

A partir do que fora levantado e apresentado no Quadro 5.1, e utilizando-se de um aplicativo de localização e roteirização de viagens público, o Google Maps, são descritos os modais, extensões e características dos três corredores selecionados.

5.1.3.1. O corredor Sorriso - Santos

Este corredor foi selecionado por se tratar de uma rota que parte do município que mais produz soja no Brasil (Tabela 5.7) com destino ao porto que mais exporta o produto, ou seja, um corredor por onde são transportadas quantidades consideráveis de grãos.

Em 2016, 8,5% da soja produzida no MT para exportação, ou seja, 1,3 milhões de toneladas do produto, foram levadas por esta rota (ALICEWEB, 2017).

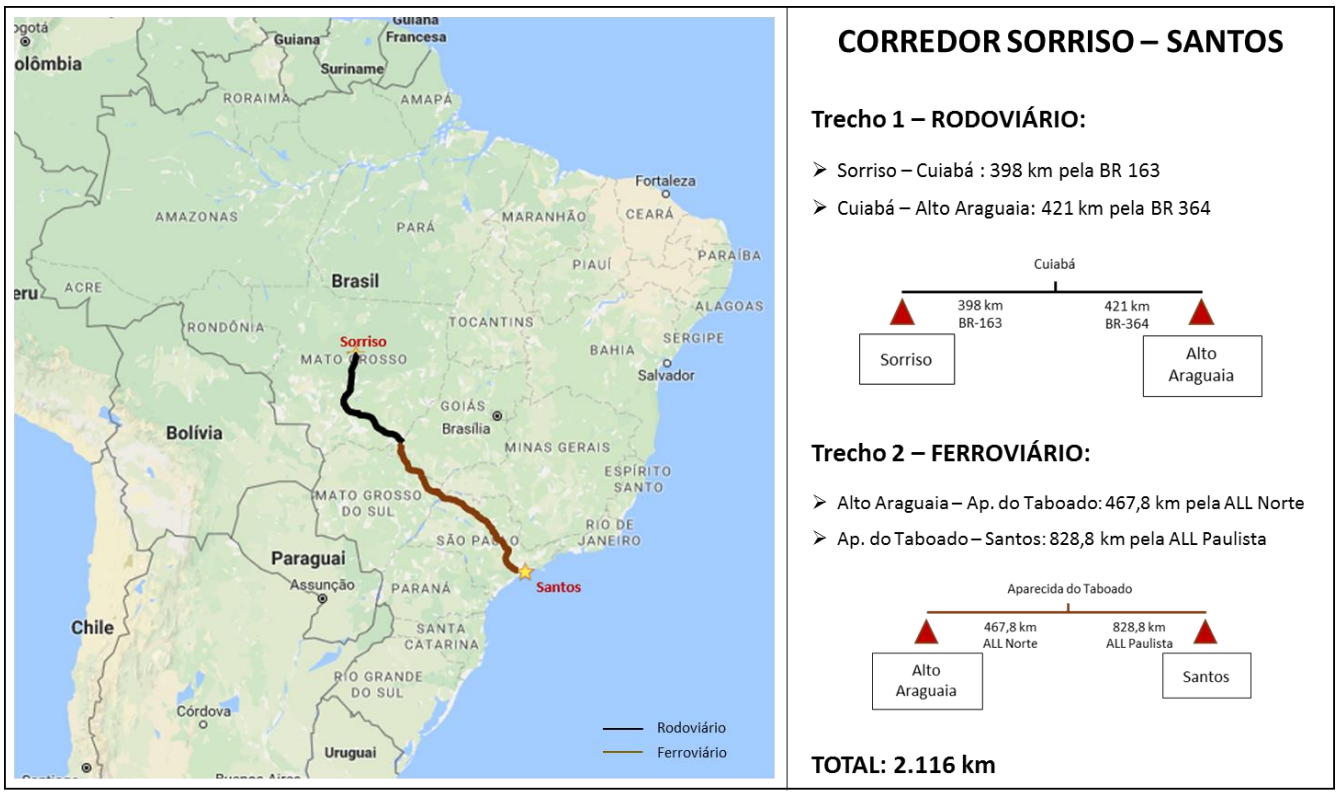
A extensão total do corredor é de 2.116 km, sendo que o mesmo pode ser dividido em dois trechos principais:

(1) O primeiro trecho é rodoviário, de Sorriso (MT) até Alto Araguaia, no polo Sudeste do Mato Grosso. São 819 km de estrada percorridos de caminhão, que ainda podem ser divididos em duas etapas devido a uma mudança de rodovia na capital Cuiabá.

(2) O segundo trecho, entre Alto Araguaia (MT) e Santos (SP) é percorrido pelo modal ferroviário, em duas ferrovias administradas pela Rumo Logística: a Ferronorte, até Aparecida do Taboado (na tripla fronteira entre Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo) e depois, a Ferroban (ALL Paulista) até Santos.

A Figura 5.10 apresenta a localização e as características do corredor Sorriso – Santos por trecho e modal.

Figura 5.10 - Localização e características do corredor Sorriso - Santos por trecho



Fonte: o autor

Observa-se pela Figura 5.10 que o corredor Sorriso – Santos cruza quatro estados: Mato Grosso, Goiás, Mato Grosso do Sul e São Paulo.

5.1.3.2. O corredor Sapezal – Santarém

O segundo corredor selecionado liga o município produtor de Sapezal (MT) ao Porto de Santarém, no Pará. Como explicado anteriormente, este corredor foi selecionado devido à sua abrangência (localização na região Norte) e também por utilizar-se do modal hidroviário para o transporte de soja. De acordo com tais características, o Porto de Manaus também poderia ser o escolhido para a composição do corredor, até por se tratar de um porto por onde uma quantidade maior de soja foi exportada (de acordo com os dados apresentados na Tabela 5.3, 3,4% do total exportado no Brasil entre 2012 e 2016 foram exportados pelo Porto de Manaus, enquanto 2,4% deste total, foram levados aos compradores em navios carregados no Porto de Santarém). Entretanto, preferiu-se considerar Santarém devido à extensão do modal hidroviário ser maior e devido ao fato de que é possível considerar que este porto apresenta maior potencial de desenvolvimento (SEP, 2013), uma vez que se encontra mais próximo do Oceano e, portanto, do importador.

Como origem do corredor, foi escolhido o município de Sapezal (MT), no polo Oeste do Mato Grosso, município que envia a maior quantidade de soja para o Porto de Santarém. Em 2016, 22% da soja mato-grossense exportada por Santarém foi produzida em Sapezal, ou seja, aproximadamente 278 mil toneladas escoadas por este corredor.

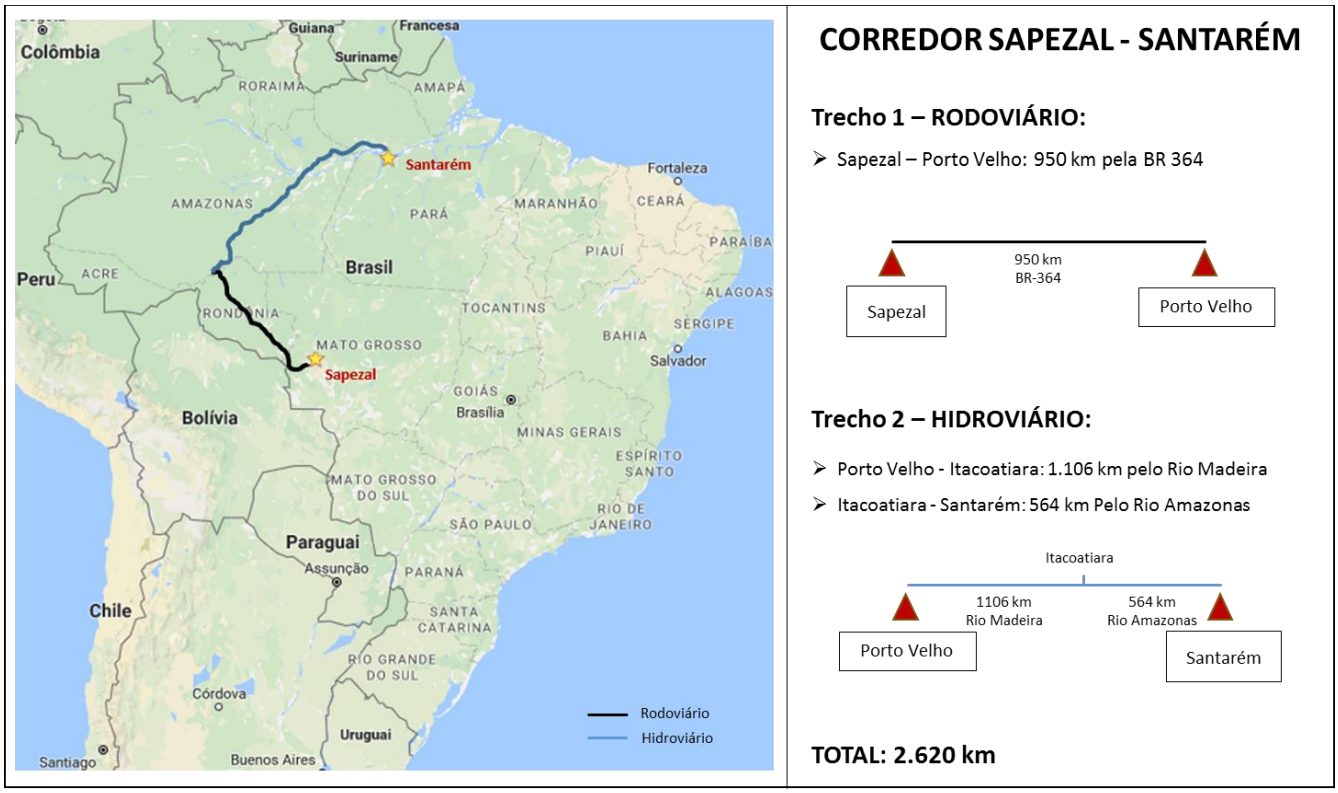
O corredor Sapezal-Santarém possui uma extensão total de aproximadamente 2.620 km e pode ser dividido em, basicamente, duas partes:

(1) O primeiro trecho da viagem é realizado através do modal rodoviário entre Sapezal (MT) e Porto Velho (RO), pela BR 364, percorrendo uma distância de 950 km.

(2) O segundo trecho liga Porto Velho (RO) até o Porto Santarém por uma hidrovia que se inicia no Rio Madeira até Itacoatiara (AM), em seu trecho mais longo, e segue daí pelo Rio Amazonas.

Trata-se de um corredor mais extenso que os outros, o que é possível por conta da possibilidade de se utilizar o modal hidroviário, mais barato por km percorrido. A Figura 5.11 apresenta a localização e as características do corredor Sapezal - Santarém por trecho e modal.

Figura 5.11 - Localização e características do corredor Sapezal - Santarém por trecho



Fonte: o autor

Observa-se pela Figura 5.11 que o corredor Sapezal – Santarém, tal qual o corredor Sorriso – Santos, cruza quatro estados: Mato Grosso, Rondônia, Amazonas e Pará.

5.1.3.3. O corredor Sorriso-Paranaguá

O terceiro corredor selecionado considera o transporte de soja desde o município de Sorriso (MT), novamente, até o Porto de Paranaguá, no litoral do Paraná. Tal escolha justifica-se pelo fato de o Porto de Paranaguá ser o porto que mais exporta a soja mato-grossense e não está na Região Sudeste (Santos) ou Norte (Santarém), já consideradas nos corredores escolhidos anteriormente (Tabela 5.4). Desta forma, a rota satisfaz o critério 1 (fluxo relevante) e o critério 2, uma vez que o trajeto até a Região Sul é longo e abrangente.

O ponto de origem deste corredor, novamente, é o município de Sorriso (MT), maior produtor de soja do país, confirmando a adequação ao primeiro critério de seleção. Por fim, verifica-se que a rota entre Sorriso e Paranaguá possui somente um trecho, pela BR 163, de intersecção com outro corredor selecionado, o que faz com que o mesmo atenda também ao critério 3.

De acordo com os dados do Portal AliceWeb (2017), em 2016, o município de Sorriso produziu 17 % da soja mato-grossense exportada pelo Porto de Paranaguá, ou seja, aproximadamente 109 mil toneladas.

A Figura 5.12 apresenta a localização e as características do corredor Sorriso – Paranaguá por trecho e modal.

Figura 5.12 - Localização e características do corredor Sorriso - Paranaguá por trecho

Fonte: o autor

Trata-se de um corredor que considera, exclusivamente, o modal rodoviário. Basicamente, ele pode ser dividido em quatro trechos:

(1) O primeiro trecho é o maior, corresponde a pouco mais de metade da distância total do corredor, com 1.219 km de extensão, e liga Sorriso (MT) a Nova Alvorada do Sul (MS) pela BR 163.

(2) O segundo trecho vai até Presidente Prudente, em São Paulo, e tem extensão de 340 km percorridos pela BR 267.

(3) O terceiro trecho é o menor e interliga Presidente Prudente (SP) e Apucarana (PR) através de 188 km pela PR 170.

(4) O último trecho do corredor tem 465 km e liga Apucarana (PR) até o Porto de Paranaguá através da BR 376.

Observa-se pela Figura 5.12 que o corredor Sorriso – Paranaguá cruza quatro estados: Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná.

A seguir, são apresentados os *KPI's* considerados para a análise do estudo de caso.

5.2. Os Indicadores de Performance (*KPI's*)

Como relatado anteriormente, este estudo de caso deve analisar os três corredores selecionados de acordo com indicadores de performance estabelecidos para avaliação das operações em corredores verdes internacionais. A partir de tal análise, é verificada a situação dos corredores brasileiros em relação aos pré-requisitos considerados para que estes possam ser considerados verdes e podem ser aplicadas algumas melhorias a partir de novas tecnologias.

Nesta seção, são apresentados os *KPI's* considerados na concepção de projetos como o *TEN-T* e o *SuperGreen*, que devem ser convenientes para a parametrização dos possíveis corredores verdes. A origem da lista de indicadores considerada são *workshops* e estudos realizados pela Comunidade Europeia com o objetivo de implementar e priorizar os corredores verdes pela Europa.

Moyano et al. (2012) definiram, em âmbito do Projeto *SuperGreen*, que os indicadores de performance para avaliação dos corredores verdes devem ser divididos em cinco grupos:

I. Eficácia
II. Qualidade do serviço
III. Sustentabilidade ambiental
IV. Suficiência de infraestrutura
V. Reflexos sociais

Para cada um dos grupos de *KPI's* considerados, são definidos os indicadores, quantificados em unidades específicas. A seguir, apresentam-se os grupos e suas características para posterior aplicação e cálculos dos indicadores nos corredores selecionados.

5.2.1. Indicador “Eficácia”

Este grupo de indicadores avalia os corredores de acordo com os custos logísticos despendidos no transporte de mercadorias. Pode-se avaliar os custos, a partir dos custos totais de frete, de duas formas: custos absolutos e custos relativos.

Definem-se os custos mencionados como sendo:

- Custos totais: é o custo total do transporte de determinada carga. Para cálculo destes custos consideram-se os custos de carregamento e descarregamento, custos de viagem e os custos de transbordo;
- Custos absolutos: são calculados dividindo-se os custos totais pelas quantidades de carga (em toneladas). Esses custos são considerados para a comparação de diferentes cargas ou opções de transportes numa mesma rota;
- Custos relativos: são calculados dividindo-se os custos absolutos pelas distâncias percorridas nos corredores. Esse *KPI* é aplicado na comparação entre cargas ou opções de transporte em rotas diferentes. São indicadores calculados no estudo de caso deste trabalho.

Para determinação dos indicadores de eficiência a partir dos custos de transportes nos três corredores selecionados, deve-se calcular os fretes de cada um dos trechos e, portanto, para os diferentes modais de transportes. Estes cálculos se utilizarão das metodologias propostas por Santos (2015), que estipulou curvas de cálculos por modal, e de informações disponibilizadas por órgãos governamentais.

Salienta-se que os custos logísticos, em geral, são compostos pelo frete e pelas componentes referentes ao estoque (de segurança e em trânsito). Entretanto, nesta pesquisa, será considerado somente a componente do frete por se considerar que os custos de estoques se equivalem.

Com esses custos por modal calculados, calcula-se o custo total por tonelada em um corredor, dado pela soma dos custos dos modais nos trechos

componentes. Para que se possa comparar os custos entre os corredores, deve-se considerar o custo relativo, dividindo o custo total pela distância percorrida.

5.2.1.1. Custo de frete rodoviário

Para cálculo dos fretes rodoviários do transporte de granéis agrícolas, Santos (2015) utilizou conjuntos de bases disponíveis e praticados no mercado, como, por exemplo, as informações do banco de dados do Sistema de Fretes Agrícolas (SIFRECA) e de registros de pesagens de caminhões que transportam soja e farelo e passam pelo Terminal Integrador de Araguari (TIA), da VLI.

A partir dessas informações, Santos (2015) aplicou análises de regressão e obteve uma função de custo que define o preço por tonelada transportada em função da distância percorrida no trecho por modal correspondente. A equação determinada por Santos (2015) para cálculo da tarifa, em R$/t, de acordo com a distância (em km), é dada pela equação (2).

$$\text{Tarifa [R\$/toneladas]} = 0{,}7952 \times \text{Distância [km]}^{0{,}6870} \qquad (2)$$

Essa é a função aplicada para cálculos de custos e eficácia dos corredores.

5.2.1.2. Custo de frete ferroviário

Para determinação dos custos de fretes ferroviários, Santos (2015) utilizou o frete máximo autorizado pela ANTT para que as concessionárias possam estipular os valores das ferrovias. Utilizando-se destas informações, o autor construiu as equações para obtenção do cálculo de fretes para cada ferrovia.

Nesta pesquisa, serão consideradas as ferrovias utilizadas no único corredor selecionado que considera o modal ferroviário (Sorriso – Santos): América Latina Logística Malha Norte S.A. (Ferronorte) e América Latina Logística Malha Paulista S.A. (Ferroban).

Para a Ferronorte, a equação determinada por Santos (2015), para cálculo do frete **y** em função da distância **x**, é:

$$y = 0{,}0000002\ x^3 - 0{,}0003794\ x^2 + 0{,}3297082\ x - 0{,}1360511 \qquad (3)$$

Já para a Ferroban, Santos (2015) definiu outra equação para cálculo do frete **y** em função da distância **x**:

$$y = -0{,}000010\ x^2 + 0{,}094418\ x + 9{,}514664 \qquad (4)$$

As tarifas obtidas e os custos calculados para o frete ferroviário contemplam os transbordos, armazenagens nos terminais integradores e o transporte até o terminal de destino.

5.2.1.3. Custo de frete hidroviário

De acordo com Santos (2015), a ANTAQ (Agência Nacional de Transportes Aquaviários) estima o frete hidroviário, em [R$/t.km], para transporte de soja e outros granéis sólidos agrícolas. De acordo com este estudo da ANTAQ (2012), os fretes são calculados de formas distintas para viagens de curta e longa distância:

- Para viagens de curta distância (<1.000km): 0,055 R$/t.km (variando de 0,053 a 0,057);

- Para viagens de longa distância (>1.000km): 0,017 R$/t.km (variando de 0,016 a 0,017).

Santos (2015) também estima o custo médio de transbordo hidroviário, igual a 12 R$/t. Tal valor também deve ser considerado no cálculo de composição do frete hidroviário, assim como os valores de pedágios caso haja o transbordo do modal ferroviário para o marítimo no porto.

Para os custos com pedágio, devido à privatização das rodovias, especialmente nas regiões Sul e Sudeste do país, é considerado para os fluxos levados a portos nestas regiões, o adicional de custo com pedágios, de acordo com a Tabela 5.8 estimada pelo Ministério dos Transportes (2009).

Tabela 5.8 - Valores de pedágio, por toneladas, considerando destinos rodoviários nos estados do Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo

		Destino			
		PR	RS	SC	SP
Origem	BA				15,08
	DF				15,08
	ES				9,95
	GO	12,18			14,5
	MG	16,5			13,17
	MS	5,05		6,11	14,68
	MT	4,95		1,45	13,06
	PR	5,2	3,42	3,13	8,22
	RS	3,42	1,5	3,13	3,42
	SC	3,42	3,13		3,42
	SP	8,22	3,42	3,42	12,11

Fonte: Ministério dos Transportes (2009)

Dentre as rotas selecionadas para o estudo, somente o corredor Sorriso-Paranaguá apresenta transporte rodoviário em um dos estados listados na Tabela 5.8, o Paraná, e o custo de pedágio adotado é de R$ 4,95 por tonelada (valores reais atuais para a referência).

5.2.2. Indicador “Qualidade do Serviço”

Para este grupo de indicadores de performance, Moyano et al. (2012) definiram os seguintes *KPI’s*:

- Tempo de viagem;
- Confiabilidade (precisão do tempo);
- Aplicações de tecnologias de informação (i*nformation and communications technology - ICT*);
- Frequência do serviço;
- Segurança da carga.

A seguir, estes indicadores de desempenho são detalhados.

5.2.2.1. Tempo de viagem

Para que se calcule o tempo de determinada viagem, é preciso que se estabeleça as etapas que compõem a mesma. Para o estudo de caso, serão consideradas as operações compreendidas na viagem de ida, do escoamento da soja até o porto de destino, assumindo que o retorno não entra na conta.

Sendo assim, as operações consideradas são:

- Tempo de carregamento inicial: tempo que se leva para carregar os veículos na origem do corredor durante o trajeto de ida;
- Tempo de viagem: tempo durante o qual a carga está em movimento, em trânsito;
- Tempo de conexão: tempo de duração do transbordo de cargas em terminais intermodais;
- Tempo de espera nos nós: tempo que as cargas esperam para serem transferidas de veículos nas plataformas intermodais.

Para se calcular estes tempos, foram consideradas as seguintes premissas:

- Um trem percorre, em média, entre 750 e 850 quilômetros por dia (CNT, 2015);
- A velocidade de um caminhão varia de acordo com a qualidade do pavimento. De acordo com o Código de Trânsito Brasileiro (DENATRAN, 2008), nas rodovias brasileiras, de pista dupla ou simples, os caminhões podem viajar a, no máximo, 90 km/h. Neste estudo, considera-se que um caminhão pode rodar até 10 horas por dia, considerando paradas para descanso, alimentação, congestionamentos e outros (BALLOU, 2006). Sendo assim, esse veículo percorre no máximo 900 km por dia, sendo que para cargas muito pesadas, pode-se considerar uma velocidade de 60 km/h e, portanto, 600 km rodados por dia, caso a viagem aconteça em uma rodovia com boa qualidade de pavimentação.

  Baseando-se nestas premissas, define-se a distância percorrida pelos caminhões em função da qualidade do pavimento:
  - Se a qualidade do pavimento for péssima ou ruim, o caminhão percorre entre 300 e 600 quilômetros por dia;
  - Se a qualidade do pavimento for regular, o caminhão percorre entre 500 e 700 quilômetros por dia;
  - Se a qualidade do pavimento for boa ou ótima, o caminhão percorre entre 600 e 900 quilômetros por dia.
- Uma embarcação leva entre quatro e cinco dias para fazer a viagem de Porto Velho até Santarém (ANTAQ, 2013).

Como todos os três corredores selecionados partem do modal rodoviário, serão desconsiderados os tempos de carregamento nos pontos de origem, até porque pode-se considerar que esta etapa não impacta significativamente o tempo total de transporte, uma vez que se trata de uma operação muito mais rápida que o tempo em trânsito, por exemplo.

Como será apresentado nos cálculos dos indicadores de cada corredor, os tempos de transporte foram extraídos de diversas fontes. Ademais, com o intuito de se comparar as rotas escolhidas, deve-se considerar o comprimento dos corredores, ou seja, o tempo total será dividido pela distância percorrida.

5.2.2.2. Confiabilidade

No Projeto *SuperGreen*, a confiabilidade é definida como sendo a precisão modal, ou seja, a frequência com a qual os veículos chegam ao seu destino final dentro do horário ou janela estimados (MOYANO et al., 2012). Dessa forma, cada um dos trechos dos corredores selecionados será analisado em uma escala numérica de 1 a 5 de acordo com os seguintes parâmetros de pontualidade, variação do tempo de viagem, reputação e reclamações.

O indicador de pontualidade considera o inverso da razão entre as chegadas que ocorrem fora do horário estimado, ou seja, em atraso, e as chegadas sem atraso. Deve-se considerar uma tolerância de acordo com a extensão da rota. Os valores de referência das chegadas sem atraso para os diferentes modais na Europa são superiores a 95% para o transporte rodoviário, superior a 60% para o transporte ferroviário e superior a 70% para o transporte marítimo e hidroviário.

A falta de informação sobre os atrasos no transporte de soja levou a uma outra forma de se calcular a pontualidade: com os dados obtidos, é possível se determinar os tempos máximo, médio e mínimo do transporte total e, considerando que o tempo médio de transporte seja o tempo sem atraso, o risco de atraso será analisado como sendo a probabilidade de que o tempo tenha duração entre os tempos médio e máximo de viagem.

Novamente, para que se comparem os corredores selecionados, deve-se considerar o comprimento total da rota, assim, o tempo total será dividido pela distância percorrida e, portanto, dado em tempo relativo.

5.2.2.3. Aplicações de tecnologias de informação (*ICT*)

As Tecnologias de Informação e Comunicação (*ICT*) são importantes não apenas sob o ponto de vista operacional, mas também sob o ponto de vista de

planejamento e gestão. A implementação dessas tecnologias contribui para a facilidade nas trocas de informações e para aumentos expressivos de eficiência.

Os *KPI's* desse grupo refletem o grau de sofisticação dos recursos de monitoramento disponíveis assim como os serviços de tecnologia de informação relevantes. Consideram-se os seguintes aspectos, de acordo com uma escala de 1 a 5:

- Disponibilidade de serviço de monitoramento em nós e conexões;
- Cobertura do sistema de monitoramento em toda a rede;
- Funcionalidade do sistema de acompanhamento dos lotes;
- Grau de integração do sistema de tecnologia da informação e comunicação.

Para o estudo dos três corredores selecionados, a ausência total de informação sobre a utilização dos sistemas de informação torna impossível sua avaliação, muito em função da falta de gestão integrada entre os diferentes modais. Sendo assim, os *KPI's* referentes a este critério não serão avaliados para as rotas escolhidas.

5.2.2.4. Frequência do serviço

A frequência do serviço, muitas vezes, está atrelada à flexibilidade de um sistema de transporte e pode ser medida através da análise de fatores como:

- Capacidade de adaptação devido às mudanças de demanda (volume);
- Capacidade de adaptação devido às mudanças no tamanho da carga (cargas especiais);
- Capacidade de adaptação devido às mudanças de horários (tempo de resposta para volta a condições normais);
- Robustez (cancelamentos, greves e outros);
- Disponibilidade de se promover saídas personalizadas;
- Número de partidas por semana.

No caso do transporte de soja, depende também da sazonalidade, uma vez que, no período das safras, a frequência é muito mais elevada que durante o restante do ano.

Novamente, para as três rotas analisadas, existe uma dificuldade em se determinar estas frequências para cada uma das rotas. Porém, para o transporte da soja, sabe-se que as quantidades produzidas para exportação são quase que totalmente escoadas aos portos marítimos (ALICEWEB, 2017) e, por conta disso, considera-se que tal fator não impacta significativamente na análise e, portanto, não é calculado.

5.2.2.5. Segurança da carga

Este indicador considera avaria da carga transportada (*Safety*) ou a perda total do conteúdo transportado (*Security*) devido a roubos, desvios ou sabotagem.

Para monitoramento do indicador, classifica-se um possível incidente segundo a gravidade da ocorrência e em seguida calcula-se o coeficiente de número de incidentes pelo total de viagens realizadas. Nesta pesquisa, será proposta uma outra maneira de estimar a segurança da carga, avaliando-a de acordo com as infraestruturas de apoio que estão disponíveis no corredor.

A ideia é que se atribua uma nota de qualidade das infraestruturas de apoio de acordo com um percentual para avaliação dessa segurança. Para simplificar o problema, considera-se que os risco dos transportes ferroviário e hidroviário são desprezíveis se comparados aos do transporte rodoviário, sendo assim, as notas de infraestrutura de apoio são de 100% para tais modais.

As notas foram calculadas com base nos dados da pesquisa CNT de transporte rodoviário (CNT, 2016). Para cada rodovia brasileira, essa pesquisa apresenta as extensões das rodovias que possuem proximidade de borracharias, concessionárias e oficinas mecânicas, postos de abastecimento de combustível, restaurantes e lanchonetes. De posse de tais informações, pode-se determinar

os percentuais da extensão de cada rodovia que possuem proximidade a estes quatro pontos.

Para cada rodovia, são considerados os coeficientes percentuais para o cálculo do indicador em questão:

- 35% para os trechos considerados próximos a borracharias, concessionárias e oficinas mecânicas, consideradas as infraestruturas mais relevantes no que diz respeito à segurança;
- 20% para os postos de abastecimento de combustível, que têm relevância intermediária;
- 10% para os restaurantes e lanchonetes, menos relevantes.

Nos corredores selecionados para estudo de caso, são consideradas cinco rodovias, e suas notas de acordo com o exporto acima são calculadas e apresentadas na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 - Notas de infraestruturas para segurança nas rodovias e outros modais considerados nos três corredores selecionados

	% Borracharias	% Concessionárias e oficinas	% Postos	% Restaurantes Lanchonetes	Nota final
Relevância	**35,0%**	**35,0%**	**20,0%**	**10,0%**	**-**
BR 163	38,0%	21,6%	32,3%	42,3%	**31,50%**
BR 364	25,3%	10,1%	20,7%	24,3%	**19,00%**
BR 267	21,0%	4,6%	25,7%	29,2%	**17,00%**
PR 170	0,0%	5,5%	11,0%	11,0%	**5,20%**
BR 376	33,6%	18,4%	43,8%	45,4%	**31,50%**
Ferrovias	-	-	-	-	**100%**
Hidrovias	-	-	-	-	**100%**

Fonte: o autor, baseado em CNT (2016)

A partir de tais notas, portanto, deve-se calcular a nota global do corredor, através das médias de tais valores ponderados pelos comprimentos dos trechos em relação à extensão total do corredor.

5.2.3. Indicador “Sustentabilidade ambiental”

Como relatado durante o referencial teórico, as atividades de transportes contribuem com a emissão de gases que causam o efeito estufa, dentre eles CO_2, NO_X, SO_X, PM. É, portanto, necessário que se controle as emissões de modo a buscar operações logísticas mais sustentáveis do ponto de vista ambiental e, portanto, pode-se considerar que um indicador de performance de um corredor em relação à sustentabilidade ambiental esteja relacionado diretamente a estas emissões.

Moyano et al. (2012) consideram, para o Projeto *SuperGreen*, a massa de gases poluentes (calculados de forma individual) em relação à quantidade de produtos transportada e à distância percorrida. A equação 5 apresenta o cálculo de *KPI* representativo para sustentabilidade ambiental considerado nos corredores verdes.

$$\mathrm{KPI}_{\text{gás" X"}} = \frac{\text{Emissões totais gás "X"}}{\text{Quantidade transportada} \times \text{distância percorrida}} \quad (5)$$

Esse *KPI* também pode ser escrito como sendo a “emissão específica de gás”, calculado em função do fator de emissão de combustível ([g/kWh]) para o transporte realizado, do consumo específico de energia, em kWh/km e do fator de carga, que é dado em t.km por veículo (modal).

$$\text{Emissão específica de gás} = \frac{\text{Fator de emissão de combustível}}{\text{Consumo específico de energia} \times \text{Fator de carga}} \quad (6)$$

O fator de emissão de combustível é utilizado para traçar um panorama de quais tipos de combustível são utilizados ao longo do corredor. Na Europa, por exemplo, de acordo com Moyano et al. (2012), o Plano de Ação para a Logística de Transporte de carga estabelece metas para utilização de combustíveis alternativos (como o biodiesel) e a disponibilidade destas opções são refletidas

através deste indicador. Estações de carregamento elétrico de veículos instalados ao longo dos corredores também colaboram com bom desempenho ambiental.

O consumo específico de energia expressa o grau tecnológico empregado na concepção e projeto de veículos/embarcações que utilizam o corredor, bem como na própria infraestrutura de corredor. Trata-se de uma variável sob influência de regras e legislações impostas, tanto a nível global (exigências técnicas impostas à operação de novos veículos/embarcações), quanto a regional (restrições/proibições aplicadas em certos tipos de infraestrutura para específicos meios de transporte).

Por fim, o fator de carga representa a eficiência ambiental do transporte realizado, uma vez que estabelece a relação entre a quantidade de carga transportada e a distância percorrida. Operações sustentáveis do ponto de vista ambiental são as que possibilitam o transporte de uma quantidade maior de cargas em viagens com distâncias maiores.

Neste estudo de caso, foram analisadas as emissões de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) e óxido nitroso (NO_x), e os dados utilizados na análise são apresentados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Emissões de gases, por modal, em função da quantidade transportada e distâncias percorridas

	Rodoviário (g/TKU)	**Ferroviário (g/TKU)**	**Hidroviário (g/TKU)**
Dióxido de carbono (CO_2)	101,2	23,3	13,8
Monóxido de carbono (CO)	0,536	0,18	0,056
Oxido nitroso (NO_X)	2,866	0,516	0,149

TKU: tonelada transportada por quilometro útil

Fonte: o autor, baseado em CNT (2013) e Gonçalves e Martins (2008)

Para o cálculo das emissões globais de um corredor, determina-se a média dos valores apresentados na Tabela 5.10, ponderadas de acordo com o percentual do comprimento de cada trecho em relação à extensão total do corredor.

5.2.4. Indicador “Suficiência de infraestrutura”

Este grupo de indicadores de performance trata de fatores que, segundo Moyano et al. (2012), impactam fortemente na avaliação geral de um corredor verde, penalizando a pontuação final no caso de deficiências observadas nas infraestruturas disponíveis. Isso acontece porque, dentre outras coisas, uma rede logística bem definida, planejada e projetada em relação à sua infraestrutura permite ainda que o corredor obtenha desempenho favorável em outros *KPI's*, como os relacionados às tecnologias de informação, por exemplo.

Compõem o grupo de indicadores de infraestrutura os índices de performance relacionados aos **congestionamentos** e à **qualidade da infraestrutura** disponível. Os cálculos de consideração dos congestionamentos são calculados como sendo o tempo perdido em relação à quantidade transportada (em toneladas) e à distância percorrida (em quilômetros).

Já os indicadores de qualidade da infraestrutura são obtidos através de avaliações objetivas realizadas em função da qualidade do corredor de transportes.

5.2.4.1. Congestionamentos

De acordo com Psaraftis e Panagakos (2012), o índice de congestionamentos em um corredor de transportes é um importante componente de custos externos relacionados às movimentações de cargas que, quando comparado aos custos totais de uma malha rodoviária, pode ser menos significante que os custos de emissão de gases.

De acordo com os projetos de corredores verdes europeus, para avaliar o impacto dos congestionamentos ao longo de um corredor verde, pode-se adotar indicadores baseados no volume de tráfego ou na área de cobertura:

- O indicador de "atraso total" para volume de tráfego fornece o tempo médio de atraso para que um veículo viaje um quilômetro;
- Os *KPI's* baseados em velocidade são especialmente relevantes para avaliação das rodovias. Por exemplo, pode-se considerar que haja um congestionamento quando a velocidade do tráfego é abaixo de determinada velocidade pré-especificada;
- O "fluxo de referência de congestionamento" é um índice com base na capacidade da estrada, número de vias e outros tráfegos e variáveis relacionadas;
- O indicador "nível de serviço" é uma escala para avaliação do congestionamento que considera notas de A a F (com A sendo a melhor avaliação e F sendo a pior) que descreve as condições de uso de variáveis como velocidade, tempo de viagem, interrupção de fluxos e segurança.

De maneira alternativa, o indicador de congestionamentos pode ser expresso em termos financeiros pela multiplicação do atraso médio pelo "valor do tempo" para a empresa (custo do minuto da rede).

No caso das rotas estudados, são levantados os tempos de espera em cada porto e plataforma intermodal utilizada. Assim, o congestionamento será calculado como sendo a razão entre o tempo total de espera e as distâncias percorridas, em quilômetros.

5.2.4.2. Qualidade de infraestrutura

Para avaliar a qualidade da infraestrutura, as diferenças entre as os modais de transportes e as diferentes operações de transbordos impossibilitam a uniformização e criação de indicadores globais de infraestrutura. Dessa forma, a qualidade de rodovias, ferrovias, hidrovias e plataformas intermodais são avaliadas de acordo *KPI's* diferentes (PSARAFTIS E PANAGAKOS, 2012).

a) Rodovias

Para avaliação das infraestruturas rodoviárias, são considerados os dados da pesquisa CNT do transporte rodoviário 2016 (CNT, 2016). Três categorias são criadas para a análise: Pavimento, Sinalização e Geometria da via, além de uma categoria geral que resume as condições da rodovia a partir das três anteriores, denominada “Estado Geral”.

Para cada uma dessas categorias é dada uma nota objetiva em função de critérios definidos. Essas notas são: “Ótimo”, “Bom”, “Regular”, “Ruim” e “Péssimo” e, por fim, a avaliação da categoria “Estado Geral” é considerada como sendo o *KPI* da qualidade da infraestrutura rodoviária.

b) Ferrovias

Os dados usados para a avaliação da infraestrutura ferroviária são baseados novamente em uma pesquisa CNT, referente à situação do transporte ferroviário no Brasil (CNT, 2015). A metodologia desenvolvida por essa pesquisa é um pouco diferente da desenvolvida para as rodovias, nela, os usuários da malha ferroviária foram entrevistados e deveriam avaliar alguns aspectos como sendo “Bom”, “Regular” ou “Ruim”. Os aspectos avaliados são:

- Qualificação da prestação de serviço no terminal quando este é de responsabilidade da ferrovia;
- Avaliação das condições de conservação e limpeza dos vagões;
- Avaliação quanto à programação das viagens ofertadas;
- Cumprimento dos prazos estimados para entrega dos produtos;
- Avaliação quanto à integridade das cargas durante o transporte ferroviário;
- Avaliação quanto à segurança do transporte de carga nos últimos três anos.

Para realizar a análise dos dados obtidos, esses aspectos foram classificados em três categorias:

- Infraestrutura:
    - Prestação de serviços no terminal;
    - Condição de conservação dos vagões.
- Oferta:
    - Programação das viagens ofertadas;
    - Cumprimento dos prazos de entrega.
- Qualidade & Segurança:
    - Integridade das cargas;
    - Segurança do transporte.

O *KPI* geral para a qualidade de infraestrutura das ferrovias, ao final da análise, é uma média obtida a partir das três categorias, conforme será apresentado no estudo de caso.

c) Hidrovias

Dado que somente uma hidrovia é utilizada dentre os três corredores estudados, sua infraestrutura será avaliada de forma particular, considerando-se a profundidade dos rios ao longo do trajeto e os efeitos da seca e sazonalidade, o balizamento e a sinalização náutica e a segurança do transporte.

d) Plataformas intermodais

Devido à dificuldade em avaliar a infraestrutura das plataformas intermodais, cada uma das duas plataformas intermodais estudadas (Alto Araguaia e Porto Velho) para os três corredores é avaliada independentemente, de forma que somente os gargalos existentes são avaliados, conforme apresentado no estudo de caso.

e) Acessos portuários

A última etapa de cada uma das três rotas avaliadas é a chegada a um porto marítimo para carregamento de navios de exportação. Sendo assim, é importante que se estude a transferência dessas cargas nos três diferentes portos considerados para os três corredores objetos de estudo. No corredor Sorriso – Santos, a chegada ao porto é realizada através do modal ferroviário, no corredor Sapezal – Santarém a chegada acontece pelo modal hidroviário e, por fim, no corredor Sorriso – Paranaguá, a chegada é através do modal rodoviário.

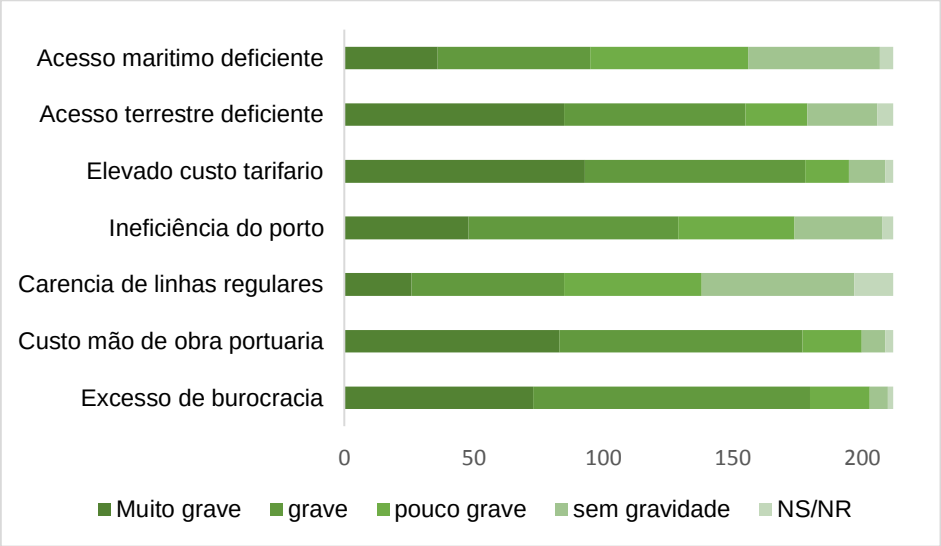
Em uma análise baseada nos resultados da Pesquisa CNT do transporte marítimo (CNT, 2012), define-se que os diferentes gargalos e problemas descritos para os acessos portuários consideram de forma global todos os portos brasileiros, em função da ausência de dados particulares de cada porto.

Recentemente, o Brasil foi 108° classificado, em uma lista de 112 países, em relação à qualidade das infraestruturas portuárias de acesso, de acordo com o Fórum Econômico Mundial. Isso mostra o grau de desenvolvimento dos portos brasileiros, responsáveis, em 2016, por 96,0% das exportações e 88,8% das importações realizadas. (ALICEWEB, 2017).

A CNT (CNT, 2012) entrevistou 212 agentes marítimos para avaliar os diferentes gargalos nos portos de acordo com a gravidade do impacto que os diferentes problemas de infraestrutura geram nas operações.

Os itens avaliados foram o acesso marítimo ineficiente, o acesso terrestre ineficiente, custos tarifários elevados, ineficiência das operações portuárias, a carência de linhas regulares, os custos da mão de obra portuária e o excesso de burocracia. Os entrevistados avaliaram cada um destes itens como sendo fatores de impacto “muito grave”, “grave”, “pouco grave”, “sem gravidade” ou não responderam ou não souberam opinar. Os resultados obtidos são apresentados no gráfico da Figura 5.13.

Figura 5.13 - Gráfico de análises dos fatores críticos observados nos portos brasileiros



Fonte: CNT (2012)

Alguns desses gargalos apontados na Figura 5.13 estão diretamente ligados aos problemas de infraestrutura, como o acesso terrestre ineficiente e a ineficiência das operações portuárias. Estes são os aspectos considerados durante o estudo de caso.

Pode-se dizer que o maior problema dos portos brasileiro está na organização do retroporto e nas vias de acesso terrestre, sendo estas rodoviária, ferroviária ou hidroviária. O retroporto é o local situado anteriormente às zonas de carregamento e descarregamento dos navios onde todas as operações logísticas são realizadas, desde os procedimentos aduaneiros até a gestão dos fluxos de cargas por exemplo. (CNT, 2012)

De acordo com a pesquisa CNT (CNT, 2012), os retroportos podem ser avaliados de acordo com os seguintes critérios:

- Estado de conservação e obsolescência da área de retroporto;
- Disponibilidade de espaço físico do retroporto;
- Operacionalidade do retroporto.

Os resultados obtidos pela pesquisa CNT (CNT, 2012) são apresentados na Tabela 5.11, na qual a coluna “Estado Geral” totaliza a média considerando os três critérios.

Tabela 5.11 - Avaliação dos retroportos nos portos brasileiros

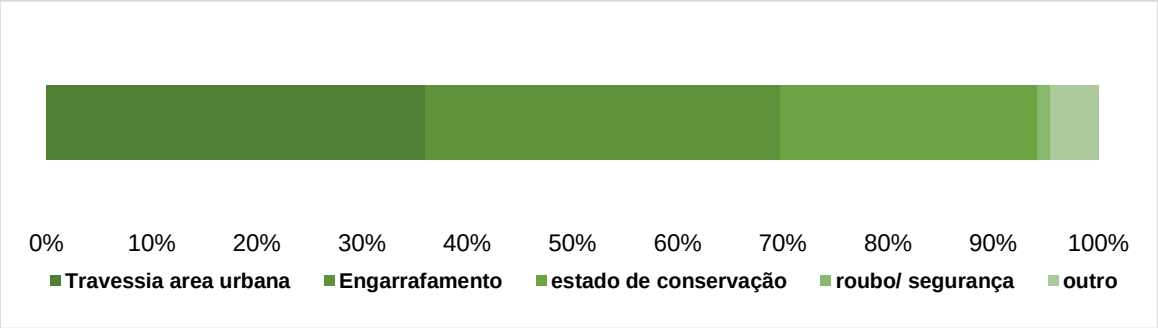
	Nota	Conservação do retroporto	Disponibilidade de retroporto	Operação do retroporto	Estado geral
Bom	3	25,90%	34,40%	27,40%	29,20%
Regular	2	32,10%	0,00%	39,60%	23,90%
Ruim	1	21,70%	53,30%	21,20%	32,10%
NS/NR	0	20,30%	12,30%	11,80%	14,80%
	Nota	2,05	1,78	2,07	**1,97**
		Regular	**Ruim**	**Regular**	**Ruim**

Fonte: o autor, baseado CNT (2012)

A escassez de informações particulares a cada porto fez com que os dados apresentados na Tabela 5.11 fossem considerados como KPI no estudo, fazendo com que para as três rotas selecionadas, o indicador fosse o mesmo. Entretanto, o estudo decompõe os gargalos existentes para cada um dos modais de transportes considerados nas chegadas aos portos.

Por fim, a pesquisa da CNT (CNT, 2012) também avaliou os problemas de acesso rodoviário aos portos brasileiros, considerando travessias em áreas urbanas, engarrafamentos, estado de conservação das malhas e segurança como sendo problemas existentes no sistema. Os resultados obtidos em tal análise são apresentados na Figura 5.14.

Figura 5.14 - Análise dos problemas existentes nos acessos rodoviários aos portos brasileiros



Fonte: CNT (2012)

5.2.5. Indicador “Reflexos sociais”

Os indicadores deste grupo estão relacionados aos reflexos que o corredor de transportes causa para o bem-estar social ou prejuízos à qualidade de vida de quem habita próximo a algum trecho da rota analisada. Os *KPI's* relacionados aos reflexos sociais podem ser subdivididos em dois grupos distintos: uso da terra na área do corredor e ruído.

Para criar um indicador fiel e representativo de tais problemas, considera-se que um corredor gera impacto social quando existe o transporte de mercadorias em áreas urbanas e, por conta disso, considera-se a porcentagem da extensão do corredor que se localiza em zona urbana. De fato, é aceitável que os ruídos provenientes das operações e o uso da terra tem importância significativa em áreas localizadas próximas a cidades.

Para o transporte rodoviário, as distâncias foram calculadas através do serviço de mapas em rede do Google (Google Maps). Para o transporte ferroviário, no corredor Sorriso – Santos, considera-se como sendo a extensão em zona urbana a distância de 70 km entre a capital São Paulo e o município de Santos, trecho onde existe a maior concentração de áreas urbanas da ferrovia. Por fim, para o transporte hidroviário, como o mesmo é realizado predominantemente em áreas pertencentes à Floresta Amazônica, considera-se que não há impactos em zonas urbanas ao longo do trajeto.

5.2.6. Consolidação dos indicadores selecionados

O Quadro 5.2 consolida todos os *KPI's* indicados e descritos anteriormente.

Quadro 5.2 - Consolidação dos indicadores de desempenho utilizados

KPI	Formula	Unidade
Indicador "Eficácia"		
Custo relativo	Custo total/(Peso x distância)	R$/TKU
Indicadores "Qualidade de Serviço"		
Tempo de transporte	Tempo total	Dias/mil.km
Confiabilidade	Diferença entre tempo máximo e tempo médio	Dias/mil.km
Segurança da carga	Disponibilidade de infraestruturas de apoio	Nenhuma
Indicadores "Sustentabilidade Ambiental"		
Emissões de CO_2	Média ponderada das emissões por tipo de transporte	gCO_2/TKU
Emissões de monóxido de carbono	Média ponderada das emissões por tipo de transporte	gCO/TKU
Emissões de oxido nitroso	Média ponderada das emissões por tipo de transporte	gNO_X/TKU
Indicadores de "Suficiência de Infraestrutura"		
Congestionamento	$\frac{\text{dias de espera das cargas}}{\text{distância total}}$	Dias/mil km
Qualidade das infraestruturas rodoviárias	Nota objetiva	
Qualidade das infraestruturas ferroviárias	Nota objetiva	
Qualidade das infraestruturas hidroviárias	Nota objetiva	
Qualidade das infraestruturas dos portos	Nota objetiva	
Indicador "Reflexos Sociais"		
Porcentagem em zona urbana	$\frac{\text{distância em zona urbana}}{\text{distância total}}$	%

Fonte: o autor

Levantados os diferentes grupos de *KPI's* para avaliação de um corredor segundo os modelos propostos por Moyano et al. (2012) no arcabouço de conhecimento do Projeto *SuperGreen*, o próximo passo é quantificar e avaliar os corredores de transporte de soja selecionados de acordo com tais indicadores. Dessa forma, um *benchmark* pode ser construído, possibilitando que se posicione o corredor operado segundo práticas e tecnologias brasileiras e, então, sejam propostas melhorias através de investimentos em tecnologia verde.

6. ESTUDO DE CASO: CORREDORES DE TRANSPORTE DE SOJA NO BRASIL

A apresentação deste estudo de caso considera os três corredores selecionados, bem como os indicadores chaves de desempenho (*KPI's*) considerados para avaliação dos corredores, uma escolha baseada na análise de *Green Corridors* internacionais.

São apresentadas as análises dos corredores tal qual existem atualmente e as consideram as melhorias obtidas com as tecnologias selecionadas a partir de um novo cálculo dos *KPI's*.

6.1. Análise dos Corredores Selecionados (*KPI's "as is"*)

Expostos os fatores que levaram à escolha dos corredores objetos de estudo e esclarecidos os indicadores de desempenho considerados, deve-se, então, avaliar os três corredores de acordo com os *KPI's*. Tais indicadores são considerados critérios representativos para a comparação entre as rotas.

6.1.1. Análise do Corredor Sorriso - Santos

O primeiro corredor a ser avaliado de acordo com os indicadores apresentados é o corredor Sorriso-Santos, selecionado devido ao fluxo de soja transportado. Como observado na Figura 5.10, apresentada na seção 5.1.3, este corredor é formado pelos modais rodoviário e ferroviário e as análises de *KPI's* são apresentadas a seguir.

6.1.1.1. Indicador eficácia para o corredor Sorriso - Santos

Como apresentado, este indicador é dado pelo custo relativo do corredor e é calculado utilizando-se as equações propostas por Santos (2015). Considera-se, portanto, o fato de que o transporte é realizado por um trecho rodoviário (819 km) e por um trecho ferroviário que contempla duas ferrovias, a ALL Norte (467,8 km) e a ALL Paulista (828,8 km). De posse destas distâncias, pode-se aplicar, portanto, as fórmulas apresentadas no item 5.1.2 para cálculo do custo relativo.

Para o modal rodoviário, obtém-se o custo total de R$ 79,78 por tonelada transportada. Na ferrovia Ferronorte, o custo por tonelada transportada é de R$ 91,55 e na ferrovia Ferroban, o custo por tonelada transportada é de R$ 94,64. Portanto, o custo total por tonelada transportada no corredor Sorriso- Santos é de R$ 265,97.

Sabe-se que tais valores se alteram por conta da inflação, volatilidade do mercado de fretes e outros fatores, mas para efeitos comparativos da ordem de grandeza dos valores, pode-se considerar os valores apresentados.

Como o indicador de eficácia considera o custo relativo, deve-se dividir o valor do custo total pela extensão total do corredor, que é de 2.115,6 km. O indicador de eficácia, portanto, é igual a **R$ 0,13/(t.km)**. A Tabela 6.1 sumariza os cálculos para determinação deste valor.

Tabela 6.1 - Cálculo de custo absoluto para o corredor Sorriso-Santos

Extensão Rodovia (km)	819
Custo rodoviário	R$ 79,78
Extensão Ferronorte (km)	467,8
Custo Ferronorte	R$ 91,55
Extensão Ferroban (km)	828,8
Custo Ferroban	R$ 94,64
Custo total corredor	R$ 265,97
Extensão total corredor (km)	2115,6
Custo absoluto corredor	R$ 0,13

Fonte: o autor

Posteriormente, este valor será agregado aos outros indicadores do corredor para efeito de comparação entre as rotas avaliadas.

6.1.1.2. Indicador qualidade do serviço para o corredor Sorriso - Santos

Este indicador de desempenho, apresentado no item 5.2.2, é avaliado pelo tempo de viagem, confiabilidade e segurança da carga e, portanto, estes serão os critérios utilizados para avaliação do corredor Sorriso-Santos.

a) Tempo de transporte

Devem ser calculados os tempos de duração em todos os trechos da viagem entre o município de Sorriso e o Porto de Santos, a começar pela duração da viagem pelo modal rodoviário.

São 398 km percorridos pela BR 163 e mais 421 km pela BR 364, o que totalizam 819 km de transporte rodoviário. De acordo com as informações levantadas pela CNT (CNT, 2016), as rodovias BR 163 e BR 364 apresentam pavimento em condições regulares, ou seja, um caminhão pode percorre entre 500 e 700 km por dia.

Sabe-se, também, que um trem percorre entre 750 e 850 km por dia (CNT, 2015). É preciso, então, se avaliar os tempos de espera nos terminais de transbordo e no porto de destino.

Segundo Turra (2013), o tempo de espera no porto de Santos leva entre 35 e 65 dias. De acordo com a ALL (2007), em 2007, o tempo de espera da soja em Alto Araguaia é 111,83 horas, ou seja, entre quatro e cinco dias.

Baseando-se nessas informações, é possível estimar os tempos mínimo, máximo e médio de viagem para o corredor Sorriso-Santos. A Tabela 6.2 apresenta os resultados obtidos e o tempo relativo.

Tabela 6.2 - Cálculos para estimativas de tempos de viagem pelo corredor Sorriso-Santos

	BR 163	BR 364	Rodoviário	Transb. Alto Araguaia.	Trecho Ferroviário	Transbordo Santos	TOTAL	Tempo relativo
Unidade	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	dias/mil km
Extensão (km)	398	421	819	-	1297	-	2116	-
Mínimo	0,6	0,6	1,2	4,0	1,5	35,0	41,7	**19,7**
Médio	0,7	0,7	1,4	4,5	1,6	50,0	57,5	**27,2**
Máximo	0,8	0,8	1,6	5,0	1,7	65,0	73,4	**34,7**

Fonte: o autor

O tempo de viagem pelo corredor pode durar, portanto, entre 41,7 e 73,4 dias, considerando um tempo relativo entre 19,7 e 34,7 dias/mil km.

b) Confiabilidade

Como foi apresentado no item 1.2.2, o indicador de confiabilidade é obtido a partir da diferença entre o tempo relativo máximo e o tempo relativo médio de viagem, apresentados na Tabela 6.2. Dessa forma, o valor de confiabilidade obtido é de **7,5 dias/mil km** (34,7 menos 27,2 dias/mil km).

c) Segurança da Carga

De acordo com o método selecionado para análise do indicador de segurança dos corredores e dos dados expostos na Tabela 5.9, são avaliados os indicadores percentuais para o corredor Sorriso-Santos.

Baseando-se em tal metodologia, os cálculos foram realizados e estão apresentados na Tabela 6.3.

Tabela 6.3 - Cálculo de indicador de desempenho de segurança da carga para o corredor Sorriso-Santos

	BR-163	BR-364	Ferroviário	Total
Comprimento (km)	398	421	1297	2116
% da Extensão	18,8%	19,9%	61,3%	100,0%
Avaliação	31,5%	19,0%	100,0%	**71,00%**

Fonte: o autor

Obtém-se, portanto, que o *KPI* referente à segurança da carga é de **71%** (0,71).

6.1.1.3. Indicador sustentabilidade ambiental para o corredor Sorriso - Santos

De forma análoga ao cálculo efetuado para obtenção do *KPI* de segurança da carga, para cálculo do indicador de sustentabilidade ambiental também é necessário considerar as distâncias percorridas em cada modal de forma ponderada.

Para realização destes cálculos, consideram-se as informações apresentadas na Tabela 5.10 para as emissões unitárias de gases em cada modal. Estes valores são repetidos e apresentados com os respectivos cálculos na Tabela 6.4. Percentualmente se calcula a emissão dos gases em cada modal para o cálculo de uma média ponderada, por exemplo, o modal rodoviário corresponde a 39% da extensão e o ferroviário a 61% no corredor Sorriso-Santos, o que compõe uma média de emissões de 53,5 g/TKU de CO_2.

Tabela 6.4 - Cálculo de indicadores para emissões dos gases de efeito estufa no corredor Sorriso-Santos

	Rodoviário	Ferroviário	Hidroviário	Total
Comprimento (km)	819	1.297	0	2.116
CO_2 (g/TKU)	101,2	23,3	13,8	**53,5**
CO (g/TKU)	0,536	0,18	0,056	**0,3**
NO_X (g/TKU)	2,866	0,516	0,149	**1,4**

Fonte: o autor

Nota-se que o corredor Sorriso-Santos polui com quantidades significativas de CO_2, por conta da utilização do modal rodoviário.

6.1.1.4. Indicador suficiência de infraestrutura para o corredor Sorriso - Santos

Como foi apresentado no item 5.2.4, o indicador de performance de corredores de transporte referente à suficiência em infraestrutura considera dois pontos distintos: os congestionamentos e a qualidade da infraestrutura. Para o corredor Sorriso-Santos estes *KPI's* são avaliados para os trechos rodoviário e ferroviário.

a) Congestionamento

Os índices de congestionamento são calculados como sendo o tempo de espera nos terminais (como os portos) e pontos de transbordo, dividindo-se pelo comprimento do corredor para que se verifique a perda relativa de tempo por conta destas esperas. O corredor Sorriso-Santos, especificamente, apresenta longos tempos de espera nos terminais de transbordo de Alto Araguaia e no Porto de Santos. É importante, nesse momento, ressaltar que os tempos de espera considerados remetem à espera dos produtos (no caso, a soja) e não dos veículos.

A Tabela 6.2 já apresentada mostra que os tempos de espera em Alto Araguaia e Santos podem ser medidos dentro de um intervalo com valores máximo, médio e mínimo. Para este cálculo de congestionamentos, serão considerados os valores médios: 4,5 dias em Alto Araguaia e 50 dias no Porto de Santos. Sendo assim, o tempo total médio de espera é de 54,5 dias.

Considerando o comprimento total do corredor igual a 2.116 km de extensão, obtém-se que, para o corredor Sorriso-Santos, o KPI de congestionamento a ser considerado é de **25,8 dias/mil km**.

b) Qualidade da infraestrutura

Para avaliação da qualidade de infraestrutura ao longo do corredor deve-se considerar as características dos diferentes modais que o compõem, conforme apresentado na seção 5.2.4.

Dessa forma, aplica-se a metodologia apresentada iniciando-se pelo trecho rodoviário, que considera as rodovias BR 163 e BR 364 de acordo com o pavimento, a sinalização e a geometria da via e utilizando-se de dados disponíveis no relatório CNT para o modal rodoviário (CNT, 2016). A Tabela 6.5 apresenta os dados resultantes desta análise para a avaliação dos trechos rodoviários.

Tabela 6.5 - Avaliação dos trechos rodoviários contemplados pelo corredor Sorriso-Santos

	Pavimento	Sinalização	Geometria da via	Estado Geral	Extensão (km)
Avaliação BR 163	3	3	3	3	398
Avaliação BR 364	3	2	2	3	421
Avaliação Corredor	**3**	**2,5**	**2,5**	**3**	819
Avaliação	**Regular**	**Ruim**	**Ruim**	**Regular**	

Fonte: o autor

Seguindo pelo corredor, após a viagem pelas rodovias federais, a soja chega à etapa de transferência para o modal ferroviário, que ocorre em Alto Araguaia (MT).

Durante o levantamento de informações sobre este terminal intermodal, concluiu-se que o mesmo não representa um gargalo do ponto de vista da infraestrutura. Trata-se de um terminal relativamente novo (inaugurado em 2003) cuja principal limitação é a capacidade de movimentação terminal: 7 milhões de toneladas por ano. Tal capacidade pode ser realmente baixa, se considerado que, de acordo com a Tabela 5.4, a quantidade de soja do Mato Grosso exportada pelo Porto de Santos ultrapassou esse número em 2013, 2014 e 2016. Para efeitos desta pesquisa, não serão considerados gargalos no terminal intermodal de Alto Araguaia (MT) (CNT, 2015).

Realizada a transferência modal, a soja mato-grossense segue de trem até o Porto de Santos. A avaliação deste trecho do corredor foi obtida, novamente, nos anuários estatísticos da CNT (CNT, 2015). A Tabela 6.6 apresenta a avaliação dos usuários para as ferrovias brasileiras.

Tabela 6.6 - Avaliação das ferrovias de acordo com os critérios estabelecidos pela CNT

	Bom	**Regular**	**Ruim**
Prestação de serviço no terminal	50,0%	50,0%	-
Condições de conservação vagões	28,6%	61,9%	9,5%
Programação viagens ofertas	57,1%	28,6%	14,3%
Cumprimento dos prazos entrega	28,6%	28,6%	28,6%
Integridade das cargas	37,1%	5710,0%	4,8%
Segurança do transporte	42,9%	47,6%	9,5%

Fonte: o autor (baseado em CNT, 2015)

Os seis critérios foram reduzidos a três categorias, infraestrutura, oferta e qualidade/segurança. Para tais critérios, agrupou-se os apresentados na Tabela 6.6 e calcularam-se as médias de avaliação, apresentadas na Tabela 6.7.

Tabela 6.7 - Avaliação da qualidade de infraestrutura das ferrovias utilizadas no corredor Sorriso-Santos

	Nota	Infraestrutura	Oferta	Qualidade & Segurança	Estado Geral
Bom	3	39%	43%	40%	41%
Regular	2	56%	29%	53%	46%
Ruim	1	5%	29%	7%	13%
	Nota	**2,3**	**2,1**	**2,3**	**2,3**
		Regular	**Regular**	**Regular**	**Regular**

Fonte: o autor (baseado em CNT, 2015)

A etapa final do transporte de soja pelo corredor Sorriso-Santos é a transferência modal do produto para o carregamento dos navios de exportação, no Porto de Santos. Como observado no item 5.2.4, não se calcula este *KPI* de forma independente para cada porto e, como todos os corredores comparados neste estudo terminam em terminais portuários, não serão calculados e ou estipulados tais indicadores. Cabe, entretanto, destacar que, de acordo com o anuário da CNT para o transporte marítimo e aquaviário (CNT, 2012), os usuários do sistema relatam a existência de problemas na descarga dos trens quando o acesso é realizado pelo modal ferroviário, além de problemas de conservação da infraestrutura existente.

6.1.1.5. Indicador de reflexos sociais para o corredor Sorriso - Santos

De acordo com o que é exposto na seção 5.2.5, para avaliar os reflexos sociais que um corredor de transportes pode causar para a população de um país, leva-se em consideração a proporção do corredor que cruza as chamadas zonas urbanas, ou seja, deve-se contabilizar a extensão, de todos os trechos e modais considerados, que cruza cidades, municípios e comunidades, comparando-a com a extensão total do corredor. Também se determinou que, para o modal ferroviário, considera-se que sua extensão urbana existe no trecho de ligação entre São Paulo e Santos, cerca de 70 km. Sendo assim, a Tabela 6.8 apresenta

a avaliação do *KPI* de reflexos sociais para o corredor Sorriso-Santos, baseada nas extensões das rodovias que cruzam cidades e trechos urbanos, em análise realizada a partir de um serviço de mapas online.

Tabela 6.8 - Avaliação de extensão do corredor que cruza trechos urbanos para cálculo do KPI de reflexos sociais para o corredor Sorriso-Santos

Modal Trecho	Município/Trecho	Extensão (km)
Rodoviário	Sorriso	1
Rodoviário	Lucas do Rio Verde	3
Rodoviário	Nova Mutum	4
Rodoviário	Nobres	1
Rodoviário	Rosário Oeste	2
Rodoviário	Cuiabá	35
Rodoviário	Jaciara	2
Rodoviário	Rondonópolis	14
Rodoviário	Alto Araguaia	2
Ferroviário	São Paulo - Santos	70
Extensão urbana do corredor (km)		134
Extensão total do corredor (km)		2116
% Zona Urbana		**6,3%**

Fonte: o autor

Avalia-se, portanto, que o indicador de avaliação dos reflexos sociais causados pela operação do corredor de transportes Sorriso-Santos é de **6,3%.**

6.1.2. Análise do Corredor Sapezal-Santarém

O corredor que considera o transporte de soja desde o município de Sapezal, no Mato Grosso, até o Porto de Santarém, no Pará, foi o segundo caso selecionado para o estudo desta tese. É um corredor que considera a utilização do modal hidroviário em combinação com o modal rodoviário e que estende a área de influência à Região Norte do país. As análises dos *KPI's* relacionados aos corredores verdes para o corredor Sapezal-Santarém são apresentadas a seguir.

6.1.2.1. Indicador eficácia para o corredor Sapezal-Santarém

Como citado anteriormente e também está ilustrado na Figura 5.11, apresentada na seção 5.1.3, a soja produzida no município de Sapezal (MT) parte através do modal rodoviário por 950 km na BR 364, em sentido oposto ao que era utilizado no corredor Sorriso-Santos, até Porto Velho, capital do Estado de Rondônia. Deste ponto, a soja é transferida para embarcações que a levam pelo Rio Madeira, num trajeto de 1.106 km até Itacoatiara (AM), de onde segue viagem pelo Rio Amazonas, com mais 564 km até o Porto de Santarém, no Pará, para carregamento de navios que exportam o produto.

Aplicando as equações propostas por Santos (2015), obtém-se os valores de custo absoluto para o corredor, considerando o modal rodoviário e os dois trechos hidroviários.

Para o modal rodoviário, obtém-se o custo total de R$ 88,34 por tonelada transportada. Para o modal hidroviário, considera-se que para distâncias acima de 1.000 km, o custo de transporte é de 0,017 R$/t.km e para distâncias abaixo dos 1.000 km, o custo de transporte é de 0,055 R$/t.km. Para este corredor, admite-se que o transporte hidroviário nos dois trechos custa, por tonelada, 0,017 R$/km, uma vez que pode-se assumir que o trecho é contínuo e, portanto, toda a navegação tem mais de 1.000 km de extensão.

Consideram-se também os dois transbordos hidroviários, em Porto Velho e em Santarém, de R$ 12,00/t em cada local. Portanto, o custo total por tonelada transportada no corredor Sapezal-Santarém é de R$ 140,73/t.

Como o indicador de eficácia considera o custo relativo, deve-se dividir o valor do custo total pela extensão total do corredor, que é de 2.620 km. O indicador de eficácia, portanto, é igual a **R$ 0,05/(t.km)**. A Tabela 6.9 sumariza os cálculos para determinação deste valor.

Tabela 6.9 - Cálculo de custo absoluto para o corredor Sapezal-Santarém

Extensão Rodovia (km)	950
Custo Rodoviário (por t)	R$ 88,34
Extensão Rio Madeira (km)	1.106
Custo Rio Madeira (por t)	R$ 18,80
Extensão Rio Amazonas (km)	564
Custo Rio Amazonas (por t)	R$ 9,59
Custos Transbordos (por t)	R$ 24,00
Custo Pedágio (por t)	R$ -
Custo total corredor	R$ 140,73
Extensão total corredor (km)	2.620
Custo absoluto corredor (por t.km)	R$ 0,05

Fonte: o autor

6.1.2.2. Indicador qualidade do serviço para o corredor Sapezal-Santarém

Devem ser calculados os *KPI's* referentes à qualidade de serviço de acordo com os mesmos critérios apresentados e utilizados para o corredor Sorriso-Santos.

a) Tempo de transporte

São obtidos e calculados os tempos de duração em todos os trechos da viagem entre o município de Sapezal e o Porto de Santarém, a começar pela duração da viagem pelo modal rodoviário.

São 950 km percorridos pela BR 364. De acordo com as informações levantadas pela CNT (CNT, 2016), a rodovia BR 364 apresenta pavimento em condições regulares, ou seja, um caminhão pode percorre entre 500 e 700 km por dia. Relembra-se que uma embarcação leva entre quatro e cinco dias para fazer a viagem de Porto Velho até Santarém (ANTAQ)

Segundo Turra (2013), o tempo de espera no porto de Santarém leva entre 50 e 65 dias. Já no terminal hidroviário de Porto Velho (RO), de acordo com Toledo (2007), o tempo médio de espera para carregamento é de 15 dias.

Baseando-se nessas informações, é possível estimar os tempos mínimo, máximo e médio de viagem para o corredor Sapezal-Santarém. A Tabela 6.10 apresenta os resultados obtidos e o tempo relativo.

Tabela 6.10 - Cálculos para estimativas de tempos de viagem pelo corredor Sapezal-Santarém

	BR 364	Transbordo Porto Velho	Trecho Hidroviário	Transbordo Santarém	TOTAL	Tempo relativo
Unidade	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	dias/mil.km
Extensão (km)	950	-	1670	-	2620	-
Mínimo	1,4	15,0	4,0	50,0	70,4	**26,9**
Médio	1,6	15,0	4,5	57,5	78,6	**30,0**
Máximo	1,9	15,0	5,0	65,0	86,9	**33,2**

Fonte: o autor

O tempo de viagem pelo corredor pode durar, portanto, entre 70,4 e 86,9 dias, considerando um tempo relativo entre 26,9 e 33,2 dias/mil km.

b) Confiabilidade

Como foi apresentado no item 1.2.2, o indicador de confiabilidade é obtido a partir da diferença entre o tempo relativo máximo e o tempo relativo médio de viagem, apresentados na Tabela 6.2. Dessa forma, o valor de confiabilidade obtido é de **3,2 dias/mil km** (33,2 menos 30,0 dias/mil km).

c) Segurança da Carga

Novamente, de acordo com o método selecionado para análise do indicador de segurança dos corredores, e dos dados expostos na Tabela 5.9, são avaliados os indicadores percentuais para o corredor Sapezal-Santarém. Cabe recordar

que a Tabela 5.9 apresenta as notas de infraestruturas para segurança nas rodovias e outros modais considerados nos corredores selecionados.

Baseando-se em tal metodologia, os cálculos foram realizados e estão apresentados na Tabela 6.11.

Tabela 6.11 - Cálculo de indicador de desempenho de segurança da carga para o corredor Sapezal-Santarém

	BR 364	Hidroviário	Total
Comprimento (km)	950	1670	2620
% da Extensão	36,3%	63,7%	100,0%
Avaliação	19,0%	100,0%	**70,63%**

Fonte: o autor

Obtém-se, portanto, que o *KPI* referente à segurança da carga é de **70,6%** (0,706).

6.1.2.3. Indicador sustentabilidade ambiental para o corredor Sapezal-Santarém

De forma análoga ao cálculo efetuado para obtenção do *KPI* de segurança da carga, para cálculo do indicador de sustentabilidade ambiental também é necessário considerar as distâncias percorridas em cada modal de forma ponderada.

Para realização destes cálculos, novamente, consideram-se as informações apresentadas na Tabela 5.10 para as emissões unitárias de gases em cada modal. Estes valores são repetidos e apresentados com os respectivos cálculos na Tabela 6.12.

Tabela 6.12 - Cálculo de indicadores para emissões dos gases de efeito estufa no corredor Sapezal-Santarém

	Rodoviário	Ferroviário	Hidroviário	Total
Comprimento (km)	950	-	1.670	2.620
CO_2 (g/TKU)	101,2	23,3	13,8	**45,5**
CO (g/TKU)	0,536	0,18	0,056	**0,2**
NO_X (g/TKU)	2,866	0,516	0,149	**1,1**

Fonte: o autor

Novamente, destaca-se o fato de o modal rodoviário ser grande responsável pela emissão de gases do efeito estufa, notadamente o CO_2.

6.1.2.4. Indicador suficiência de infraestrutura para o corredor Sapezal-Santarém

Como foi apresentado na seção 5.2.4, o indicador de performance de corredores de transporte referente à suficiência em infraestrutura considera dois pontos distintos: os congestionamentos e a qualidade da infraestrutura. Para o corredor Sapezal-Santarém estes *KPI's* são avaliados para os trechos rodoviário e hidroviário.

a) Congestionamento

De acordo com o que fora exposto na seção 5.2.4, os índices de congestionamento são calculados como sendo o tempo de espera nos terminais (como os portos) e pontos de transbordo, dividindo-se pelo comprimento do corredor para que se verifique a perda relativa de tempo por conta destas esperas. No corredor Sapezal-Santarém, especificamente, a soja aguarda longos tempos de espera nos terminais de transbordo de Porto Velho e no Porto de Santarém.

A Tabela 6.10 já apresentada mostra que os tempos de espera em Porto Velho e Santarém podem ser medidos dentro de um intervalo com valores máximo, médio e mínimo. Para este cálculo de congestionamentos, serão considerados os valores médios: 15 dias em Porto Velho e 57,5 dias no Porto de Santarém. Sendo assim, o tempo total médio de espera é de 72,5 dias.

Considerando o comprimento total do corredor igual a 2.620 km de extensão, obtém-se que, para o corredor Sapezal-Santarém, o KPI de congestionamento a ser considerado é de **27,7 dias/mil km**.

b) Qualidade da infraestrutura

Para avaliação da qualidade de infraestrutura ao longo do corredor deve-se considerar as características dos diferentes modais que o compõem, conforme, novamente, apresentado na seção 5.2.4. Dessa forma, aplica-se a metodologia apresentada iniciando-se pelo trecho rodoviário, que considera a rodovia BR 364 de acordo com o pavimento, a sinalização e a geometria da via e utilizando-se de dados disponíveis no relatório CNT para o modal rodoviário (CNT, 2016). A Tabela 6.13 apresenta os dados resultantes desta análise para a avaliação dos trechos rodoviários.

Tabela 6.13 - Avaliação dos trechos rodoviários contemplados pelo corredor Sapezal-Santarém

	Pavimento	Sinalização	Geometria da via	Estado Geral	Extensão (km)
Avaliação BR 364	3	2	2	3	950
Avaliação Corredor	**3**	**2**	**2**	**3**	950
Avaliação	**Regular**	**Ruim**	**Ruim**	**Regular**	

Fonte: o autor

A segunda etapa do transporte de soja por esse corredor é a transferência intermodal em Porto Velho (RO). Pode-se dizer que a infraestrutura neste terminal é a que mais apresenta dificuldades para as operações no corredor. A

pesquisa das hidrovias do CNT (CNT, 2013) relata que a construção do terminal de Porto Velho é uma tarefa das mais importantes para o desenvolvimento da rede de transporte hidroviário no Brasil.

Realizado o transbordo, chega o momento de se executar o transporte hidroviário, uma viagem que pode ser dividida em dois trechos, sendo o primeiro deles pelo Rio Madeira, entre Porto Velho (RO) e Itacoatiara (AM), e o segundo pelo Rio Amazonas, até Santarém (PA).

Os principais problemas que ocorrem nessa viagem hidroviária são (ANTAQ):

- A profundidade do Rio Madeira, particularmente na região de Porto Velho. De acordo com o período do ano, a profundidade pode chegar a apenas dois metros, impedindo o acesso das embarcações ao terminal de Porto Velho;
- A falta ou má qualidade do balizamento e da sinalização náutica no sistema Amazonas-Solimões, no trecho entre Itacoatiara e Santarém;

A segurança para o transporte hidroviário de soja pode ser considerada boa, uma vez que não se trata de um produto de valor agregado e, portanto, de pouca visibilidade.

Baseando-se nestas informações referentes à hidrovia utilizada, considera-se que seu estado geral pode ser considerado **"BOM"**, uma vez que há segurança e boas condições de navegação na maior parte de sua extensão.

A etapa final do transporte de soja pelo corredor Sapezal-Santarém é a transferência modal do produto para o carregamento dos navios de exportação, no Porto de Santarém. Como ocorre para o corredor Sorriso-Santos, devido ao fato de não se calcular este *KPI* de forma independente para cada porto e também por conta de todos os corredores comparados neste estudo terminarem em terminais portuários, não são calculados e ou estipulados tais indicadores.

6.1.2.5. Indicador de reflexos sociais para o corredor Sapezal-Santarém

De acordo com o que é exposto no item 5.2.5 desta tese, para avaliar os reflexos sociais que um corredor de transportes pode causar para a população de um país, leva-se em consideração a proporção do corredor que cruza as chamadas zonas urbanas, ou seja, deve-se contabilizar a extensão, de todos os trechos e modais considerados, que cruza cidades, municípios e comunidades, comparando-a com a extensão total do corredor.

Também na seção 5.2.5 determinou-se que, para o modal hidroviário, não é considerado o reflexo social para a hidrovia dos Rios Madeira e Amazonas, dentre outros motivos, pelo fato de o trajeto estar inserido no território da Região Amazônica, local de baixa densidade demográfica e com baixa incidência de zonas urbanas. Sendo assim, a Tabela 6.14 apresenta a avaliação do *KPI* de reflexos sociais para o corredor Sapezal-Santarém, baseada nas extensões das rodovias que cruzam cidades e trechos urbanos, em análise realizada a partir de um serviço de mapas online.

Tabela 6.14 - Avaliação de extensão do corredor que cruza trechos urbanos para cálculo do KPI de reflexos sociais para o corredor Sapezal-Santarém

Modal Trecho	Município/Trecho	Extensão (km)
Rodoviário	Sapezal	1
Rodoviário	Comodoro	2
Rodoviário	Vilhena	6
Rodoviário	Pimenta Bueno	4
Rodoviário	Cacoal	4
Rodoviário	Presidente Médici	2
Rodoviário	Ji-Paraná	6
Rodoviário	Ouro Preto do Oeste	2
Rodoviário	Jaru	2
Rodoviário	Ariquemes	4
Rodoviário	Candeias do Jamari	2
Rodoviário	Porto Velho	10
Extensão urbana do corredor (km)		45
Extensão total do corredor (km)		2620
% Zona Urbana		**1,72%**

Fonte: o autor

Avalia-se, portanto, que o indicador de avaliação dos reflexos sociais causados pela operação do corredor de transportes Sapezal-Santarém é de **1,7%.**

6.1.3. Análise do Corredor Sorriso - Paranaguá

O último corredor selecionado para o estudo de caso é o que considera o transporte de soja produzida, novamente, no município de Sorriso (MT), maior cidade produtora do país, com destino ao Porto de Paranaguá, no litoral do Paraná. Trata-se de um corredor que considera exclusivamente a utilização do modal rodoviário, diferentemente dos corredores analisados anteriormente. As análises dos *KPI's* relacionados aos corredores verdes para o corredor Sorriso-Paranaguá são apresentadas a seguir.

6.1.3.1. Indicador eficácia para o corredor Sorriso-Paranaguá

Como citado anteriormente, e também está apresentado na Figura 5.12, na seção 5.1.3, este corredor é utilizado para que a soja produzida no município de Sorriso (MT) parta, através do modal rodoviário, por 2.212 km nas rodovias BR 163, BR 267, PR 170 e BR 376 até o Porto de Paranaguá, no Paraná, para carregamento de navios que exportam o produto.

Aplicando as equações propostas por Santos (2015), obtém-se os valores de custo absoluto para o corredor, considerando o modal rodoviário.

Para o modal rodoviário, obtém-se o custo total de R$ 157,89 por tonelada transportada. Consideram-se também o transbordo no Porto de Paranaguá, de R$ 12,00/t, e o valor de pedágio, por tonelada, para chegada de caminhões ao porto é de R$ 4,95 (vide Tabela 5.8). Portanto, o custo total por tonelada transportada no corredor Sapezal-Santarém é de R$ 174,84/t.

Como o indicador de eficácia considera o custo relativo, deve-se dividir o valor do custo total pela extensão total do corredor, que é de 2.212 km. O indicador de

eficácia, portanto, é igual a **R$ 0,08/(t.km)**. A Tabela 6.15 sumariza os cálculos para determinação deste valor.

Tabela 6.15 - Cálculo de custo absoluto para o corredor Sorriso-Paranaguá

Extensão Rodovia (km)	2.212
Custo rodoviário (por t)	R$ 157,89
Custos Transbordos (por t)	R$ 12,00
Custo Pedágio (por t)	R$ 4,95
Custo total corredor	R$ 174,84
Extensão total corredor (km)	2.212
Custo absoluto corredor	R$0,08

Fonte: o autor

6.1.3.2. Indicador qualidade do serviço para o corredor Sorriso-Paranaguá

Devem ser calculados os *KPI's* referentes à qualidade de serviço de acordo com os mesmos critérios apresentados e utilizados para os corredores Sorriso-Santos e Sapezal-Santarém.

a) Tempo de transporte

São obtidos e calculados os tempos de duração em todos os trechos da viagem entre o município de Sorriso e o Porto de Paranaguá, realizados pelo modal rodoviário.

São 1.219 km percorridos pela BR 163, 340 km percorridos na BR 267, 188 km percorridos na PR 170 e, por fim, mais 465 km pela BR 376. De acordo com o relatório da CNT (CNT, 2016), as rodovias utilizadas nesse corredor não apresentam a mesma qualidade de pavimento, portanto, a velocidade do caminhão não será a mesma ao longo de todo o trajeto.

De acordo com as informações levantadas pela CNT (CNT, 2016), as rodovias BR 163 e PR 170 apresentam pavimento em condições regulares, ou seja, um caminhão pode percorrer entre 500 e 700 km por dia. Já as rodovias BR 267 e BR 376 apresentam boas condições de pavimento e, portanto, um caminhão pode viajar entre 600 e 900 km por dia.

Segundo Turra (2013), o tempo de espera no porto de Santarém leva entre 60 e 70 dias.

Baseando-se nessas informações, é possível estimar os tempos mínimo, máximo e médio de viagem para o corredor Sorriso-Paranaguá. A Tabela 6.16 apresenta os resultados obtidos e o tempo relativo.

Tabela 6.16 - Cálculos para estimativas de tempos de viagem pelo corredor Sapezal-Santarém

	BR 163	BR 267	PR 170	BR 376	Transbordo	TOTAL	Tempo relativo
Extensão (km)	1219	340	188	465	-	2212	-
Condições Pavimento	Regular	Bom	Regular	Bom	-	-	-
Velocidade caminhões	500 - 700	600 - 900	500 - 700	600 - 900	-	-	-
Unidade	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias	dias/mil.km
Mínimo	1,7	0,4	0,3	0,5	60,0	62,9	**28,4**
Médio	2,0	0,5	0,3	0,6	65,0	68,4	**30,9**
Máximo	2,4	0,6	0,4	0,8	70,0	74,2	**33,5**

Fonte: o autor

O tempo de viagem pelo corredor pode durar, portanto, entre 62,9 e 74,2 dias, considerando um tempo relativo entre 28,4 e 33,5 dias/mil km.

b) Confiabilidade

Como foi apresentado na seção 5.2.2, o indicador de confiabilidade é obtido a partir da diferença entre o tempo relativo máximo e o tempo relativo médio de

viagem, apresentados na Tabela 6.16. Dessa forma, o valor de confiabilidade obtido é de **2,6 dias/mil km** (33,5 menos 30,9 dias/mil km).

c) Segurança da Carga

Novamente, de acordo com o método selecionado para análise do indicador de segurança dos corredores, e dos dados expostos na Tabela 5.9, são avaliados os indicadores percentuais para o corredor Sorriso-Paranaguá. Cabe recordar que a Tabela 5.9 apresenta as notas de infraestruturas para segurança nas rodovias e outros modais considerados nos corredores selecionados.

Baseando-se em tal metodologia, os cálculos foram realizados e estão apresentados na Tabela 6.17.

Tabela 6.17 - Cálculo de indicador de desempenho de segurança da carga para o corredor Sorriso-Paranaguá

	BR 163	BR 267	PR 170	BR 376	Total
Comprimento (km)	1219	340	188	465	2212
% da Extensão	55,1%	15,4%	8,5%	21,0%	100,0%
Avaliação	31,5%	17,0%	5,2%	31,5%	**27,04%**

Fonte: o autor

Obtém-se, portanto, que o *KPI* referente à segurança da carga é de **27,0%** (0,27).

6.1.3.3. Indicador sustentabilidade ambiental para o corredor Sorriso-Paranaguá

De forma análoga ao cálculo efetuado para obtenção do *KPI* de segurança da carga, para cálculo do indicador de sustentabilidade ambiental também é

necessário considerar as distâncias percorridas em cada modal de forma ponderada.

Para realização destes cálculos, novamente, consideram-se as informações apresentadas na Tabela 5.10 para as emissões unitárias de gases em cada modal. Estes valores são repetidos e apresentados com os respectivos cálculos na Tabela 6.18.

Tabela 6.18 - Cálculo de indicadores para emissões dos gases de efeito estufa no corredor Sorriso-Paranaguá

	Rodoviário	Ferroviário	Hidroviário	Total
Comprimento (km)	2.212	-	-	2.212
CO_2 (g/TKU)	101,2	23,3	13,8	**101,2**
CO (g/TKU)	0,536	0,18	0,056	**0,5**
NO_X (g/TKU)	2,866	0,516	0,149	**2,9**

Fonte: o autor

Por se tratar de um corredor que utiliza somente o modal rodoviário, a quantidade de gases poluentes emitidos é significativa.

6.1.3.4. Indicador suficiência de infraestrutura para o corredor Sorriso-Paranaguá

Para o corredor Sorriso-Paranaguá estes *KPI's* são avaliados para o modal rodoviário.

a) Congestionamento

Os índices de congestionamento são calculados como sendo o tempo de espera nos terminais (como os portos) e pontos de transbordo, dividindo-se pelo

comprimento do corredor para que se verifique a perda relativa de tempo por conta destas esperas. No corredor Sorriso-Paranaguá, especificamente, por ser uma rota exclusivamente rodoviária até o destino final, só existe o transbordo no Porto de Paranaguá.

Para este cálculo de congestionamentos, é considerado o tempo médio de espera no Porto de Paranaguá, de 65 dias (TURRA, 2013).

Considerando o comprimento total do corredor igual a 2.212 km de extensão, obtém-se que, para o corredor Sorriso-Paranaguá, o KPI de congestionamento a ser considerado é de **29,4 dias/mil km**.

b) Qualidade da infraestrutura

No caso do corredor Sorriso-Paranaguá se analisam somente as rodovias consideradas (BR 163, BR 267, PR 170 e BR 376).

Dessa forma, aplica-se a metodologia apresentada para o modal rodoviário, que considera as rodovias de acordo com o pavimento, a sinalização e a geometria da via e utilizando-se de dados disponíveis no relatório CNT para o modal rodoviário (CNT, 2016). A Tabela 6.19 apresenta os dados resultantes desta análise para a avaliação dos trechos rodoviários.

Tabela 6.19 - Avaliação dos trechos rodoviários contemplados pelo corredor Sorriso-Paranaguá

	Pavimento	Sinalização	Geometria da via	Estado Geral	Extensão (km)
Avaliação BR 163	3	3	3	3	1219
Avaliação BR 267	4	3	2	3	340
Avaliação PR 170	3	2	2	3	188
Avaliação BR 376	4	4	3	4	465
Avaliação Corredor	**3,4**	**3,1**	**2,8**	**3,2**	**2212**
Avaliação	**Regular**	**Regular**	**Regular**	**Regular**	

Fonte: o autor

Considera-se, portanto, que as rodovias utilizadas apresentam condições regulares, em média.

A etapa final do transporte de soja pelo corredor Sorriso-Paranaguá é a transferência modal do produto para o carregamento dos navios de exportação, no Porto de Paranaguá. Como ocorre para os corredores Sorriso-Santos e Sapezal-Santarém, devido ao fato de não se calcular este *KPI* de forma independente para cada porto e também por conta de todos os corredores comparados neste estudo terminarem em terminais portuários, não são calculados e ou estipulados tais indicadores.

6.1.3.5. Indicador de reflexos sociais para o corredor Sorriso-Paranaguá

Sendo o corredor Sorriso-Paranaguá um corredor exclusivamente rodoviário, a Tabela 6.20 apresenta a avaliação do *KPI* de reflexos sociais para o corredor, baseada nas extensões das rodovias que cruzam cidades e trechos urbanos, em análise realizada a partir de um serviço de mapas online.

Tabela 6.20 - Avaliação de extensão do corredor que cruza trechos urbanos para cálculo do *KPI* de reflexos sociais para o corredor Sorriso-Paranaguá

Modal Trecho	Município/Trecho	Extensão (km)
Rodoviário	Sorriso	1
Rodoviário	Lucas do Rio Verde	3
Rodoviário	Nova Mutum	4
Rodoviário	Nobres	1
Rodoviário	Rosário oeste	2
Rodoviário	Cuiabá	35
Rodoviário	Jaciara	2
Rodoviário	Rondonópolis	14
Rodoviário	Coxim	5
Rodoviário	Rio Verde de Mato Grosso	2
Rodoviário	São Gabriel do Oeste	4
Rodoviário	Bandeirante	2
Rodoviário	Campo Grande	22
Rodoviário	Nova Alvorada do Sol	2
Rodoviário	Bataguassu	1
Rodoviário	Presidente Epitácio	2
Rodoviário	Presidente Venceslau	2
Rodoviário	Santo Anastácio	1
Rodoviário	Presidente Prudente	10
Rodoviário	Porecatu	2
Rodoviário	Florestópolis	1
Rodoviário	Rolândia	4
Rodoviário	Arapongas	6
Rodoviário	Apucarana	6
Rodoviário	Ortigueira	2
Rodoviário	Ponta Grossa	10
Rodoviário	Campo largo	6
Rodoviário	Curitiba	38
Rodoviário	Paranaguá	10
Extensão urbana do corredor (km)		200
Extensão total do corredor (km)		2212
% Zona Urbana		**9,04%**

Fonte: o autor

Avalia-se, portanto, que o indicador de avaliação dos reflexos sociais causados pela operação do corredor de transportes Sorriso-Paranaguá é de **9,0%.**

6.1.4. Análise comparativa dos corredores

Nesta seção é apresentada uma comparação entre os *KPI's* verificados para os três corredores selecionados e estudados. Para isso, a Tabela 6.21 apresenta os indicadores e avaliações.

Tabela 6.21 - Resumo comparativo dos indicadores de performance avaliados para os três corredores estudados

KPI	Corredor Sorriso-Santos	Corredor Sapezal-Santarém	Corredor Sorriso-Paranaguá
Indicador "Eficácia"			
Custo relativo (R$/TKU*)	0,13	0,05	0,08
Indicadores "Qualidade de Serviço"			
Tempo de transporte (dias/mil.km)	27,2	30,0	30,9
Confiabilidade (dias/mil.km)	7,2	3,2	2,6
Segurança da carga (% infra. de apoio)	71,0%	70,6%	27,0%
Indicadores "Sustentabilidade Ambiental"			
Emissões de CO_2 (gCO_2/TKU*)	53,5	45,5	101,2
Emissões de monóxido de carbono (gCO/TKU*)	0,3	0,2	0,5
Emissões de oxido nitroso (gNO_X/TKU*)	1,4	1,1	2,9
Indicadores de "Suficiência de Infraestrutura"			
Congestionamento (Dias/mil.km)	25,8	27,7	29,4
Qualidade das infraestruturas rodoviárias (Nota objetiva)	Regular	Regular	Regular
Qualidade das infraestruturas ferroviárias (Nota objetiva)	Regular		
Qualidade das infraestruturas hidroviárias (Nota objetiva)		Bom	
Qualidade das infraestruturas dos portos (Nota objetiva)	Ruim	Ruim	Ruim
Indicador "Reflexos Sociais"			
Porcentagem em zona urbana	6,3%	1,7%	9,0%

Fonte: o autor

A partir destes resultados apresentados de forma resumida na Tabela 6.21, pode ser realizada uma análise comparativa dos três corredores de acordo com os diferentes indicadores de corredores verdes.

O corredor que liga Sorriso a Santos, por exemplo, é o melhor dos três quando considerados o tempo de transporte, a segurança da carga e o congestionamento. Já o corredor Sapezal-Santarém é o melhor quando analisados o custo relativo, as emissões (CO_2, CO e NO_X) e o indicador de reflexo social (percentual em zona urbana).

Por fim o corredor Sorriso-Paranaguá é o melhor apenas para o *KPI* confiabilidade. Dessa forma, pode-se dizer que os dois corredores mais recomendáveis são os que vão do Mato Grosso até os portos de Santos e Santarém. O fato de o corredor que liga Sorriso (MT) ao Porto de Paranaguá ser exclusivamente rodoviário influencia nessa conclusão.

Pode-se dizer de alguma forma que o Porto de Paranaguá é utilizado para escoamento da soja por conta da capacidade limitada dos corredores que levam o produto aos portos de Santos e Santarém, mais precisamente por conta da limitação de capacidade da plataforma intermodal de Alto Araguaia e do terminal de Porto Velho.

Avaliando a partir do contexto e ponto de vista da otimização verde, baseada na metodologia apresentada por Moyano et al. (2012) para o *SuperGreen*, pode-se observar, também, que o corredor com as caraterísticas mais adequadas é o corredor que termina no Porto de Santarém, por se tratar do corredor com menor custo e com o menor índice de emissões de gases do efeito estufa. Atualmente, o corredor é pouco utilizado na exportação da soja do Mato Grosso, em 2016, 1,2 milhões de toneladas foram exportadas no porto de Santarém, enquanto mais de 7 milhões seguiram para o porto de Santos. Isso ocorre devido aos problemas operacionais e de infraestrutura que reduzem as capacidades de movimentação dos portos de Porto Velho e Santarém.

6.2. Estudo de caso: análise de transformação das rotas selecionadas em corredores verdes

Avaliados os três corredores selecionados de acordo com os indicadores indicados para corredores verdes, para que se conclua o estudo de caso deve-se buscar e propor soluções teóricas para uma melhoria destes indicadores, tornando as operações mais sustentáveis e adequadas às de um corredor verde.

Moyano et al. (2012) apresentam algumas estratégias que podem ser utilizadas para buscar melhorias efetivas em alguns dos grupos de *KPI's*. O Quadro 3.3, apresentado na seção 3.2, mostra algumas estratégias para cinco grupos de indicadores analisados. Tais estratégias e as tecnologias propostas devem auxiliar na busca por melhores indicadores de desempenho e pela "verdificação" dos corredores. Estabelece-se que o processo deve ser realizado em duas etapas:

- Etapa I: realiza-se uma pré-seleção das tecnologias a serem analisadas (Anexo A) e se calculam os impactos que estas têm nos *KPI's*. Tal escolha é baseada no que Moyano et al. (2012) apresentam;
- Etapa II: para cada caso selecionado são escolhidas tecnologias mais relevantes e, então, é calculado o impacto total no corredor, a partir de *benchmarks* apresentados por Moyano et al. (2012) (Anexo B).

6.2.1. Tecnologias "verdes"

Como descrito anteriormente, esta fase da pesquisa se inicia pela avaliação do impacto de algumas tecnologias propostas por Moyano et al. (2012) no Projeto *SuperGreen* como sendo opções de estratégias para tornar as operações em um corredor de transportes mais sustentáveis.

Foram selecionadas 11 tecnologias a partir de uma lista completa, apresentada no Anexo A. Tal lista está dividida em nove categorias:

- Motores e sistemas de propulsão;

- Combustível e fontes de energia;
- Tecnologias para transferência de carga;
- Tecnologias de preparação de carga;
- Tecnologias de aquecimento e arrefecimento;
- Inovações em tecnologia e logística;
- Veículos;
- Tecnologias de navegação;
- Melhores práticas de integração das tecnologias.

Note-se que estas categorias contemplam aspectos operacionais que podem tornar as operações mais eficientes (econômico e social) e mais limpas a partir de novas técnicas e novos combustíveis (ambientais). Foram selecionadas para este estudo por serem consideradas aplicáveis, embora não tenha sido avaliada a quantidade de recursos necessários para implementação.

Moyano et al. (2012) propõem também uma classificação em A, B ou C, de acordo com o "poder de impacto da tecnologia", ou seja, são classificadas como "A" as que apresentam maior potencial de melhora da performance do corredor e como "C" as que impactam menos.

Produziu-se também uma análise quantitativa dos impactos de algumas das novas tecnologias verdes nos corredores analisados na Europa, chamadas por Moyano et al. (2012) no manual do Projeto *SuperGreen* de "*Benchmarks*" (reproduzidas no Anexo B). Estas análises quantitativas, com os resultados obtidos e pré-estabelecidos, são aplicadas aos corredores brasileiros estudados. Como resultado, verifica-se o potencial aumento de eficiência e o impacto nos custos, nos níveis de emissão e na velocidade de transporte. Quando disponíveis os dados do impacto causado no estudo europeu, estes são considerados.

As tecnologias selecionadas neste estudo de caso contemplam sete das nove categorias, excetuando-se as categorias de tecnologia de preparação de carga e as tecnologias de aquecimento e arrefecimento, por conta do julgamento de que não há aplicabilidade em tecnologias destas duas áreas nas rotas selecionadas para estudo.

São apresentadas nesta seção as tabelas que apresentam os cálculos realizados.

6.2.1.1. Motores e sistemas de propulsão

a) EN21 Sistema de redução do escape – Modal Hidroviário

Trata-se de um sistema de diminuição da quantidade de gases poluentes emitidos, que compreende um reator de redução catalítica seletiva de NO_x e que considera também um reator de partículas com filtro para redução de partículas.

De acordo com os *benchmarks* propostos por Moyano et al. (2012), esta solução tecnológica pode ser aplicada no modal marítimo e na navegação interior, trazendo resultados diferentes para os dois casos.

De acordo com o que é apresentado por Moyano et al. (2012) no Projeto *SuperGreen*, tal tecnologia tem um impacto nos seguintes *KPI's*:

- Redução do custo por toneladas por quilômetros entre 0% e 1%, ou seja, 0,5% em média;
- Redução das emissões de CO_2 entre -5% (pode gerar aumento na emissão) e 8%, ou seja, uma redução média de 1,5%.

Como se trata de uma tecnologia aplicada somente em veículos do modal hidroviário, seu impacto se aplica somente ao corredor Sapezal–Santarém. Os impactos totais são apresentados na Tabela 6.22.

Tabela 6.22 - Comparação *KPI's* Corredor Sapezal-Santarém com aplicação da melhoria EN21

	Emissão CO_2	Custo absoluto	Custo Relativo
Situação atual	45,5	R$ 140,73	R$0,05
Com melhoria EN21	45,4	R$ 140,59	R$0,05
Redução	0,29%	0,10%	0,10%

Fonte: o autor

Pode-se considerar que as melhorias obtidas nos *KPI's* avaliados não são significativas.

6.2.1.2. Combustíveis e fontes de energia

a) FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (*LNG*) e Gás Natural Comprimido (*CNG* - para rodoviário) – Multimodal

O Gás Natural, líquido ou comprimido, é um tipo de combustível que reduz a emissão de poluentes na atmosfera, um combustível chamado mais limpo. Sendo assim, tratam-se de alternativas mais sustentáveis para a operação de transportes.

O Gás Natural Líquido é utilizado em embarcações, enquanto que o Comprimido é utilizado nos caminhões e veículos rodoviários.

Na análise de *benchmarks* do projeto europeu, verificou-se que o uso do gás natural gera os seguintes impactos nas operações:

- No transporte hidroviário:
  - Redução das emissões de CO_2 entre 20% e 25%, ou seja, uma média de 22,5%;
  - Redução das emissões de NO_X de 90%.
- No transporte rodoviário:
  - Redução das emissões de CO_2 entre 11% e 23%, ou seja, uma média de 17%;
  - Redução das emissões de NO_X de 90%.
- Impacto positivo nas plataformas intermodais, sem quantificação.

As melhorias são verificadas, portanto, para os três corredores, e os resultados obtidos com essa redução na emissão de gases são apresentados na Tabela 6.23.

Tabela 6.23 - Comparação *KPI's* para os três corredores com aplicação da melhoria FU08 & FU03

		Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	Emissões NO_X (gNO_X/TKU)
Sorriso - Santos	Situação atual	53,5	1,4
	Com melhoria FU08 & FU03	46,8	0,4
	Redução	**12,46%**	**70,03%**
Sapezal-Santarém	Situação atual	45,5	1,1
	Com melhoria FU08 & FU03	37,3	0,1
	Redução	**18,06%**	**90,00%**
Sorriso-Paranaguá	Situação atual	101,2	2,9
	Com melhoria FU08 & FU03	84,0	0,3
	Redução	**17,00%**	**90,00%**

Fonte: o autor

Os impactos dessa tecnologia são significativos nos três corredores, sendo um pouco menos influente para o corredor Sorriso-Santos, que utiliza o modal ferroviário, único que não aponta melhoria com o uso dos combustíveis testados.

6.2.1.3. Tecnologias para transferência de carga

a) HT28 Unidade de carga e descarga automática – Multimodal

Trata-se de um novo sistema de carregamento e descarregamento de cargas em plataformas multimodais, que reduz significativamente a transferência entre os veículos dos modais diferentes e permite aumento na eficiência total do sistema.

Embora esta tecnologia não tenha sido avaliada como *benchmark* por Moyano et al. (2012) no Projeto *SuperGreen*, sua avaliação é considerada importante ferramenta para melhoria das plataformas multimodais, especialmente a partir do momento em que o autor presenciou o funcionamento da transferência modal no Porto de Trelleborg, na Suécia, uma operação baseada no transporte de caminhões em navios Ro-Ro e que ocorre de maneira muito rápida e eficiente.

Considerando que a mesma foi classificada como sendo do grupo B, pode-se admitir que seu impacto no sistema é intermediário, algo entre 5% e 10% de redução dos tempos de transbordo.

Para os cálculos, considera-se uma redução de 7,5% no tempo máximo e nos tempos mínimos de espera nas plataformas intermodais e nos portos, ou seja, uma redução de 7,5% nos tempos médios de espera.

A Tabela 6.24 apresenta os resultados obtidos nessa análise de melhoria.

Tabela 6.24 - Comparação *KPI's* para os três corredores com aplicação da melhoria HT28

		Tempo relativo (dia/mil.km)	Confiabilidade (dias/mil.km)	Congest. (dias/mil.km)
Sorriso - Santos	Situação atual	27,2	7,5	25,8
	Com melhoria HT28	25,2	6,9	23,8
	Redução	**7,11%**	**7,36%**	**7,50%**
Sapezal-Santarém	Situação atual	30,0	3,2	27,7
	Com melhoria HT28	27,9	3,0	25,6
	Redução	**6,92%**	**6,78%**	**7,50%**
Sorriso-Paranaguá	Situação atual	30,9	2,6	29,4
	Com melhoria HT28	28,7	2,5	27,2
	Redução	**7,13%**	**6,47%**	**7,50%**

Fonte: o autor

Avalia-se pela que há melhoras no sistema no que se refere aos tempos e espera da soja nos diferentes terminais. Uma redução no tempo de estadia dos produtos pode culminar em aumento de capacidade, gargalo nos terminais de Porto Velho e Alto Araguaia, por exemplo.

b) HT32_a Sistema de barcaça oceânica – Marítimo

Basicamente, trata-se de um sistema que usa a mesma embarcação tanto para o transporte hidroviário quanto para o transporte marítimo. Com isso, é possível que se obtenha uma redução do tempo da transferência de carga.

Novamente, trata-se de uma tecnologia não avaliada como *benchmark* no Projeto *SuperGreen* por Moyano et al. (2012), mas sua avaliação é considerada importante ferramenta para melhoria das plataformas multimodais. Pode-se estimar como impacto uma redução de 10% no tempo de transbordo no Porto de Santarém, pois, embora não haja uma transferência modal propriamente dita, se manteriam os tempos de espera por conta de fiscalização alfandegária, adaptações operacionais, dentre outros.

Por se tratar de uma solução aplicável ao modal aquaviário, a sua análise cabe somente ao corredor Sapezal-Santarém. Os valores da análise estão apresentados na Tabela 6.25.

Tabela 6.25 - Comparação *KPI's* Corredor Sapezal-Santarém com aplicação da melhoria HT32_a

Sapezal-Santarém	Tempo relativo (dia/mil.km)	Confiabilidade (dias/mil.km)	Congestionamentos (dias/mil.km)
Situação atual	30,0	3,2	27,7
Com melhoria HT32_a	27,8	2,9	25,5
Redução	**7,32%**	**9,04%**	**7,93%**

Fonte: o autor

Observa-se uma redução de 7,3% no tempo relativo da operação de transporte no corredor Sapezal-Santarém. Novamente, cabe destacar que uma redução do tempo de operação pode tornar o sistema mais eficiente.

c) HT34 Unidade de carregamento intermodal – Plataforma multimodal

Essa tecnologia aborda a uniformização dos padrões de unitização das cargas (conteinerização) para facilitar as transferências de modais **nos portos**, operação iniciada nos terminais europeus e vista presencialmente pelo autor no Porto de Trelleborg, na Suécia, através da utilização de navios Ro-Ro. Através desta iniciativa, existem ganhos de eficiência nos portos e terminais portuários, gerando diminuição do tempo total dos corredores.

Mais uma vez está sendo abordada uma tecnologia não avaliada como *benchmark* por Moyano et al. (2012) no Projeto *SuperGreen*, mas novamente sua avaliação é considerada importante ferramenta para melhoria dos corredores que utilizam os portos marítimos. Pode-se estimar como impacto uma redução de 10% no tempo de espera nos portos, mais uma vez considerando que aspectos burocráticos e operacionais impedem ganhos ainda maiores.

Definiu-se a redução de 10% por se acreditar que seja um valor suficiente para representar os ganhos operacionais dado as possibilidades de redução obtidas com tais alternativas. Em alguns casos, tal estimativa pode ser até conservadora, mas são levados em consideração os entraves burocráticos. Como todos os corredores avaliados consideram o carregamento para exportação nos portos marítimos, esta avaliação é aplicada aos três corredores avaliados.

A Tabela 6.26 apresenta os valores obtidos na avaliação da solução HT34 para os três corredores estudados.

Tabela 6.26 - Comparação *KPI's* para os três corredores com aplicação da melhoria HT34

		Tempo relativo (dia/mil.km)	Confiabilidade (dias/mil.km)	Congest. (dias/mil.km)
Sorriso - Santos	Situação atual	27,2	7,5	25,8
	Com melhoria HT34	24,8	6,8	23,4
	Redução	**8,70%**	**9,49%**	**9,17%**
Sapezal-Santarém	Situação atual	30,0	3,2	27,7
	Com melhoria HT34	27,8	2,9	25,5
	Redução	**7,32%**	**9,04%**	**7,93%**
Sorriso-Paranaguá	Situação atual	30,9	2,6	29,4
	Com melhoria HT34	28,0	2,4	26,4
	Redução	**9,50%**	**8,62%**	**10,00%**

Fonte: o autor

Observa-se redução nos tempos de serviço bem como o aumento da confiabilidade e redução dos congestionamentos, ou seja, trata-se de uma alternativa que representa possibilidades de ganhos para os corredores de transportes no Brasil.

6.2.1.4. Inovações em tecnologia e logística

a) LU13 & LU14 Recuperação da energia de frenagem & Sistemas de armazenamento de energia a bordo – Ferroviário

Tratam-se de duas tecnologias que funcionam em conjunto nas operações de transporte ferroviário. Consistem em adaptações que permitem a recuperação da energia perdida em forma de aquecimento durante a frenagem da composição ferroviária e sua armazenagem em forma de energia elétrica em baterias, de modo que esta energia possa ser utilizada para redução do consumo de combustíveis fósseis.

De acordo com os *benchmarks* do *SuperGreen*, definidos por Moyano et al. (2012), esta solução tecnológica pode ser aplicada no modal ferroviário e apresenta o seguinte impacto na emissão de gases do efeito estufa:

- Redução das emissões de CO_2 entre 30% e 40%, ou seja, 35% em média.

Essa tecnologia é só aplicável no corredor Sorriso-Santos, único dos corredores analisados que considera um trecho por ferrovias. Os impactos de sua utilização são apresentados na Tabela 6.27.

Tabela 6.27 - Comparação *KPI's* Corredor Sorriso-Santos com aplicação das melhorias LU13 & LU14

Sorriso-Santos	Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)
Situação atual	53,5
Com melhoria LU13 & LU14	48,5
Redução	9,35%

Fonte: o autor

Trata-se, portanto, de uma tecnologia que agrega um bom resultado ao indicador de emissões de CO_2 através da melhoria no transporte ferroviário.

6.2.1.5. Veículos

a) VE03 Caminhões Híbridos – Rodoviário

Nessa ação de melhoria para indicadores de corredores verdes, basicamente, se substitui os caminhões comuns, com motor à combustão, por caminhões ou veículos rodoviários que combinem um motor elétrico ao funcionamento do motor mais comum, o chamado veículo híbrido. A partir deste princípio, é obtida uma economia de combustível fóssil, o que reduz, consequentemente, a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera.

Sendo assim, com a redução do consumo de combustíveis fósseis, é atingida também uma redução dos custos operacionais. De acordo com o que é apresentado com *benchmark* para corredores europeus por Moyano et al. (2012) no *Projeto SuperGreen*, os impactos do uso dessa tecnologia são:

- Redução do custo de transporte por toneladas por quilômetros entre 6% e 7%, ou seja, em média 6,5%;
- Redução das emissões de CO_2 de 25%.

Por influenciar no modal rodoviário, essa tecnologia impacta nos três corredores analisados. A Tabela 6.28 apresenta os resultados da análise de melhorias.

Tabela 6.28 - Comparação *KPI's* para os três corredores com aplicação da melhoria VE03

		Custo absoluto	Custo Relativo	Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)
Sorriso - Santos	Situação atual	R$ 265,97	R$0,13	53,5
	Com melhoria VE03	R$ 260,78	R$0,12	43,7
	Redução	**1,95%**	**1,95%**	**18,32%**
Sapezal-Santarém	Situação atual	R$ 140,73	R$0,05	45,5
	Com melhoria VE03	R$ 134,99	R$0,05	36,3
	Redução	**4,08%**	**4,08%**	**20,17%**
Sorriso-Paranaguá	Situação atual	R$ 174,84	R$0,08	101,2
	Com melhoria VE03	R$ 164,57	R$0,07	75,9
	Redução	**5,87%**	**5,87%**	**25,00%**

Fonte: o autor

Os maiores impactos são observados no corredor Sorriso-Paranaguá, e isso ocorre porque se trata de um corredor exclusivamente rodoviário, e a melhoria impacta em bons resultados, tanto econômicos quanto ecológicos.

b) VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico – Rodoviário

Essa tecnologia, na verdade, é um conjunto de melhorias que têm como objetivo melhorar a aerodinâmica dos veículos rodoviários, permitindo assim que se consumam quantidades menores de combustíveis durante as viagens, uma vez que se reduz a perda por conta do atrito com o ar durante as viagens.

As estratégias de melhorias que reduzem o atrito aerodinâmico são:

- Espelhos aerodinâmicos;
- Extensores laterais da cabine;
- Carenagens integradas no teto da cabine;
- Para-choques aerodinâmico;
- Carenagens de tanque de combustível cheios;
- Carenagens dos limites laterais do reboque;
- Carenagem de lacuna do reboque;
- Equipamento de montagem traseiro do reboque carenagem.

Tais melhorias impactam da seguinte forma nos *KPI's* relacionados ao modal rodoviário:

- Redução de 3% a 4% do custo por toneladas por quilômetros, ou seja, redução média de 3,5%;
- Redução das emissões de CO_2 entre 10% e 26%, ou seja, redução média de 18%;
- Redução das emissões de NO_X entre 13% e 25%, ou seja, redução média de 19%.

Novamente, por se tratar de melhorias no modal rodoviário, este conjunto de ações trazem alterações nos indicadores dos três corredores estudados. A Tabela 6.29 apresenta os valores obtidos na análise.

Tabela 6.29 - Comparação *KPI's* para os três corredores com aplicação da melhoria VE29

		Custo absoluto	Custo Relativo	Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	Emissões NO_X (gNO_X/TKU)
Sorriso - Santos	Situação atual	R$ 265,97	R$0,13	53,5	1,4
	C/ melhoria VE29	R$ 263,18	R$0,12	46,4	1,2
	Redução	**1,05%**	**1,05%**	**13,19%**	**14,78%**
Sapezal-Santarém	Situação atual	R$ 140,73	R$0,05	45,5	1,1
	C/ melhoria VE29	R$ 137,64	R$0,05	38,9	0,9
	Redução	**2,20%**	**2,20%**	**14,52%**	**17,41%**
Sorriso-Paranaguá	Situação atual	R$ 174,84	R$0,08	101,2	2,9
	C/ melhoria VE29	R$ 169,31	R$0,08	83,0	2,3
	Redução	**3,16%**	**3,16%**	**18,00%**	**19,00%**

Fonte: o autor

A ação VE29 tem, afinal, efeitos semelhantes aos promovidos pela ação VE03, com significativa redução na quantidade de emissões de CO_2 e NO_x.

a) VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento – Rodoviário

Esta tecnologia considera a adoção de pneus projetados para que se minimize o desperdício de energia em forma de calor enquanto os pneus rolam em uma viagem na estrada. Consiste, primariamente, em melhorias no formato e materiais utilizados para fabricação destes pneus.

Os impactos, que alteram os indicadores relacionados ao modal rodoviário (mais uma vez, análise nos três corredores selecionados), são:

- Redução de 0% a 1% do custo por toneladas por quilômetros, ou seja, redução média de 0,5%;

- Redução das emissões de CO_2 entre 2% e 4%, ou seja, redução média de 3%.

Os valores obtidos na análise da aplicação da tecnologia VE33 são apresentados na Tabela 6.30.

Tabela 6.30 - Comparação *KPI's* para os três corredores com aplicação da melhoria VE33

		Custo absoluto	Custo Relativo	Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)
Sorriso - Santos	Situação atual	R$ 265,97	R$0,13	53,5
	Com melhoria VE33	R$ 265,57	R$0,13	52,3
	Redução	**0,15%**	**0,15%**	**2,20%**
Sapezal-Santarém	Situação atual	R$ 140,73	R$0,05	45,5
	Com melhoria VE33	R$ 140,29	R$0,05	44,4
	Redução	**0,31%**	**0,31%**	**2,42%**
Sorriso-Paranaguá	Situação atual	R$ 174,84	R$0,08	101,2
	Com melhoria VE33	R$ 174,05	R$0,08	98,2
	Redução	**0,45%**	**0,45%**	**3,00%**

Fonte: o autor

Observa-se que as melhorias obtidas através da redução de custo e emissão de CO_2 são baixas em relação às obtidas com outras tecnologias relacionadas aos veículos.

6.2.1.6. Tecnologias de navegação

a) NA16 Auxílio de combinação "velocidade – rota" – Hidroviário

O chamado "ATM" (*advising Tempomaat*) é um programa de computador que auxilia o comandante de uma embarcação a buscar uma combinação mais econômica entre a rota a ser percorrida e a velocidade imprimida durante a

viagem. Essa tecnologia permite que seja alcançado um consumo mais eficaz de combustível, permitindo ainda redução de emissões durante a navegação.

A tecnologia NA16 impacta nos *KPI's* de custo (eficácia) e ambiental:

- Redução de 1% do custo por toneladas por quilômetros;
- Redução de 10% das emissões de CO_2;
- Redução de 10% das emissões de NO_X.

Trata-se de uma tecnologia aplicada somente no modal hidroviário, portanto, influencia apenas nas operações do corredor Sapezal-Santarém.

A Tabela 6.31 apresenta os impactos da adoção dessa tecnologia no corredor analisado.

Tabela 6.31 - Comparação *KPI's* Corredor Sapezal-Santarém com aplicação da melhoria NA16

Sapezal-Santarém	Custo absoluto	Custo Relativo	Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	Emissões NO_X (gNO_X/TKU)
Situação atual	R$ 140,73	R$0,05	45,5	1,1
Com melhoria NA16	R$ 140,45	R$0,05	44,6	1,1
Redução	**0,20%**	**0,20%**	**1,93%**	**0,84%**

Fonte: o autor

Os resultados obtidos mostram que o sistema de auxílio às viagens hidroviárias pode reduzir as emissões de poluentes de maneira tímida.

6.2.1.7. Melhores práticas de integração das tecnologias

a) BP13 EREX – Ferroviário

O sistema EREX é um sistema desenvolvido na Europa que auxilia as concessionárias das ferrovias a reduzirem os consumos de combustível a partir

da análise de dados que o sistema armazena sobre o histórico deste consumo. Com esse sistema, as empresas podem controlar e monitorar os gastos energéticos e, compreendendo sua utilização, encontrar maneiras de poupar energia e reduzir custos.

O sistema EREX tem impacto somente no corredor Sorriso-Santos, por se tratar do único que considera o modal ferroviário. De acordo com o *benchmark* do projeto *SuperGreen*, definido por Moyano et al. (2012), o seu impacto é somente a redução do custo absoluto em 1%.

A Tabela 6.32 apresenta a análise do impacto da utilização dessa tecnologia no corredor Sorriso-Santos.

Tabela 6.32 - Comparação *KPI's* Corredor Sorriso-Santos com aplicação da melhoria BP13

Sorriso - Santos	Custo absoluto	Custo Relativo
Situação atual	R$ 265,97	R$ 0,13
Com melhoria BP13	R$ 264,11	R$ 0,12
Redução	**0,70%**	**0,70%**

Fonte: o autor

Observa-se, por fim, uma pequena redução nos custos operacionais provenientes da utilização do EREX.

6.2.2. Escolha de tecnologias para os corredores estudados

Avaliadas as tecnologias apresentadas como *benchmark* por Moyano et al. (2012) no arcabouço do Projeto *SuperGreen* como possibilidades de transformação dos corredores estudados em corredores verdes, deve-se estabelecer quais dentre as técnicas e métodos testados se aplicam a cada uma das rotas de exportação de soja.

Para essa identificação de tecnologias mais adequadas, estabelece-se que, para cada corredor, as tecnologias selecionadas devem se complementar, além de apresentar um impacto considerado relevante nos indicadores avaliados.

Basicamente, para essa escolha, foram descartadas as tecnologias que impactam menos de 1% em **todos** os *KPI's* alterados, por se considerar que talvez o investimento necessário para que essa seja implementada não se pague. Posteriormente, cada uma das tecnologias restantes é selecionada para os corredores impactados por sua aplicação, ao final, os efeitos das tecnologias são acumulados e os impactos totais são calculados e apresentados.

6.2.2.1. Tecnologias aplicadas ao corredor Sorriso-Santos

O corredor Sorriso-Santos é o que contempla o maior fluxo de cargas dentre os corredores estudados, porém, como relatado anteriormente, seu potencial de transportes pode ser ainda maior, caso sejam aplicadas melhorias na plataforma intermodal de Alto Araguaia.

A partir do que foi exposto na análise das tecnologias, pode-se dizer que as seguintes aplicações trazem benefícios para o corredor Sorriso-Santos:

- FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (*LNG*) e Gás Natural Comprimido (*CNG* - para rodoviário) – Multimodal: essa tecnologia reduz substancialmente a quantidade de emissões de CO_2 e NO_x na atmosfera no corredor Sorriso-Santos;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 12,5%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 70,0%.
- HT28 Unidade de carga e descarga automática – Plataformas multimodais: torna as operações mais rápidas e eficientes, reduzindo os tempos de espera e aumentando a confiabilidade do corredor;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 7,1%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 7,4%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 7,5%.

- HT34 Unidade de carregamento intermodal – Plataforma multimodal: assim como a tecnologia anterior (HT28), também torna as operações mais eficientes, reduz os tempos de espera e aumenta a confiabilidade;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 8,7%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 9,5%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 9,2%.
- LU13 & LU14 Recuperação da energia de frenagem & Sistemas de armazenamento de energia a bordo – Ferroviário: reduz em quase 10% as emissões de CO_2 no corredor por conta da redução do consumo de combustível fóssil do modal ferroviário;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 9,4%.
- VE03 Caminhões Híbridos – Rodoviário: traz redução nos custos e aumento da eficácia no corredor, mas o principal ganho obtido com a adoção desta tecnologia é, novamente, a redução da quantidade de CO_2 emitida na atmosfera;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 2,0%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 18,3%.
- VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico – Rodoviário: seu impacto é semelhante aos impactos da tecnologia VE03, reduz os custos e reduz significativamente a emissão, não só de CO_2, como também de NO_x;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 1,0%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 13,2%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 14,8%.
- VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento – Rodoviário: o impacto na redução dos custos é baixo, menor que 1%, mas esta tecnologia será considerada para o corredor Santos-Sorriso devido ao seu potencial de reduzir as emissões de CO_2 em mais de 2%.
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 0,2%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 2,2%.

São, portanto, sete melhorias indicadas para utilização no corredor Sorriso-Santos, com potencial de redução de custos, tempo de transportes e emissão de gases do efeito estufa.

Considera-se que as tecnologias são independentes, ou seja, não se influenciam operacionalmente entre si, inclusive, podem atuar em trechos modais diferentes. Por conta disso, seus efeitos serão acumulados para avaliação do impacto da aplicação das sete tecnologias no corredor Sorriso-Santos. Seus efeitos acumulados, portanto, são apresentados na Tabela 6.33.

Tabela 6.33 - Melhorias acumuladas nos indicadores de desempenho influenciados pelas tecnologias selecionadas para aplicação no corredor Sorriso-Santos

Indicador de Desempenho	Melhorias acumuladas
Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	**55,5%**
Emissões NO_X (gNO_X/TKU)	**84,8%**
Tempo relativo (dia/mil.km)	**15,8%**
Confiabilidade (dias/mil.km)	**16,9%**
Congestionamentos (dias/mil.km)	**16,7%**
Custo absoluto (R$/t)	**3,1%**
Custo Relativo (R$/t.km)	**3,1%**

Fonte: o autor

Por fim, as melhorias obtidas com as tecnologias selecionadas são apresentadas na Tabela 6.34.

Tabela 6.34 - Impacto das melhorias obtidas com as tecnologias para o corredor Sorriso-Santos

Indicador de Desempenho	Sem tecnologias	Melhorias	Com tecnologias
Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	53,5	55,5%	23,8
Emissões NO_X (gNO_X/TKU)	1,4	84,8%	0,2
Tempo relativo (dia/mil.km)	27,2	15,8%	22,9
Confiabilidade (dias/mil.km)	7,5	16,9%	6,2
Congestionamentos (dias/mil.km)	25,8	16,7%	21,5
Custo absoluto (R$/t)	R$265,97	3,1%	R$257,59
Custo Relativo (R$/t.km)	R$0,13	3,1%	R$0,12

Fonte: o autor

Observa-se, portanto, que as tecnologias selecionadas para o corredor Santos-Sorriso têm uma influência considerável na diminuição de emissões de gases do efeito estufa e podem tornar o corredor mais ambientalmente sustentável.

6.2.2.2. Tecnologias aplicadas ao corredor Sapezal-Santarém

O corredor Sapezal-Santarém possui uma importante característica, que é o fato de considerar o modal hidroviário na análise, em âmbito do transporte de soja talvez o com maior potencial de melhores práticas de um corredor verde.

A partir do que foi exposto na análise das tecnologias, pode-se dizer que as seguintes aplicações trazem benefícios para o corredor Sapezal-Santarém:

- FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (*LNG*) e Gás Natural Comprimido (*CNG* - para rodoviário) – Multimodal: essa tecnologia reduz substancialmente a quantidade de emissões de CO_2 e NO_x na atmosfera no corredor Sapezal-Santarém;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 18,0%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 90,0%.
- HT28 Unidade de carga e descarga automática – Plataformas multimodais: torna as operações mais rápidas e eficientes, reduzindo os tempos de espera e aumentando a confiabilidade do corredor;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 6,9%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 6,8%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 7,5%.
- HT32_a Sistema de barcaça oceânica – Marítimo: mais uma tecnologia que, assim como a HT28, torna as operações mais rápidas e eficientes, reduzindo os tempos de espera e aumentando a confiabilidade do corredor;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 7,3%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 9,0%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 7,9%.

- HT34 Unidade de carregamento intermodal – Plataforma multimodal: assim como as tecnologias anteriores (HT28 e HT32_a), também torna as operações mais eficientes, reduz os tempos de espera e aumenta a confiabilidade;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 7,3%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 9,0%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 7,9%.
- VE03 Caminhões Híbridos – Rodoviário: traz redução nos custos e aumento da eficácia no corredor, mas o principal ganho obtido com a adoção desta tecnologia é, novamente, a redução da quantidade de CO_2 emitida na atmosfera;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 4,0%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 20,1%.
- VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico – Rodoviário: seu impacto é semelhante aos impactos da tecnologia VE03, reduz os custos e reduz significativamente a emissão, não só de CO_2, como também de NO_x;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 2,2%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 14,5%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 17,4%.
- VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento – Rodoviário: o impacto na redução dos custos é baixo, menor que 1%, mas esta tecnologia será considerada para o corredor Sapezal-Santarém devido ao seu potencial de reduzir as emissões de CO_2 em mais de 2%;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 0,3%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 2,4%.
- NA16 Auxílio de combinação “velocidade – rota” – Hidroviário: trata-se de uma tecnologia utilizada somente no modal hidroviário e, portanto, somente no corredor Sapezal-Santarém, com potencial para reduzir os custos e reduzir a emissão de CO_2 e de NO_x, sendo que somente para a redução do CO_2 a melhoria é maior que 1%.
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 0,2%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 1,9%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 0,8%.

São, portanto, oito melhorias indicadas para utilização no corredor Sapezal-Santarém, também possibilitando reduções nos custos, no tempo de transportes e na emissão de gases do efeito estufa.

Novamente, considera-se que as tecnologias são independentes, ou seja, não se influenciam operacionalmente entre si e, por conta disso, seus efeitos são acumulados para avaliação do impacto da aplicação das oito tecnologias. Entretanto, ao se aplicar tal método para os cálculos, se obtém um percentual de melhoria acumulada maior que 100% para as diminuições de emissão de NO_x, ou seja, o uso de todas as oito estratégias praticamente zeraria essas emissões. Por considerar que isso pode ser algo de difícil alcance, opta-se nesta pesquisa por uma medida mais conservadora, de limitar o impacto das oito tecnologias no corredor Sapezal-Santarém na emissão de NO_x a, no máximo, 98%, algo muito próximo do total, mas com uma certa margem de erro.

Dessa forma, na Tabela 6.35 são apresentados os percentuais acumulados de melhorias nos *KPI's* impactados pelas oito tecnologias no corredor Sapezal-Santarém.

Tabela 6.35 - Melhorias acumuladas nos indicadores de desempenho influenciados pelas tecnologias selecionadas para aplicação no corredor Sapezal-Santarém

Indicador de Desempenho	Melhorias acumuladas
Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	**57,1%**
Emissões NO_X (gNO_X/TKU)	**98,0%**
Tempo relativo (dia/mil.km)	**21,5%**
Confiabilidade (dias/mil.km)	**24,8%**
Congestionamentos (dias/mil.km)	**23,4%**
Custo absoluto (R$/t)	**6,8%**
Custo Relativo (R$/t.km)	**6,8%**

Fonte: o autor

Por fim, as melhorias obtidas com as tecnologias selecionadas são apresentadas na Tabela 6.36.

Tabela 6.36 - Impacto das melhorias obtidas com as tecnologias para o corredor Sapezal-Santarém

Indicador de Desempenho	Sem tecnologias	Melhorias acumuladas	Com tecnologias
Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	45,49	57,1%	19,51
Emissões NO_X (gNO_X/TKU)	1,13	98,0%	0,02
Tempo relativo (dia/mil.km)	30,0	21,5%	23,5
Confiabilidade (dias/mil.km)	3,2	24,8%	2,4
Congestionamentos (dias/mil.km)	27,7	23,4%	21,2
Custo absoluto (R$/t)	R$140,73	6,8%	R$131,17
Custo Relativo (R$/t.km)	R$0,05	6,8%	R$0,05

Fonte: o autor

Mais uma vez, é possível observar, como no corredor Sorriso-Santos, que as tecnologias propostas pelo Projeto *SuperGreen* podem melhorar os *KPI's* considerados, principalmente nos que se referem às emissões de gases do efeito estufa.

6.2.2.3. Tecnologias aplicadas ao corredor Sorriso-Paranaguá

O corredor Sorriso-Paranaguá, como visto anteriormente, é um corredor de transportes que considera exclusivamente o modal rodoviário em suas operações. Sendo assim, espera-se que se trate de um corredor com maior potencial poluente, mais caro e mais rápido, por conta das características inerentes ao transporte por quatro rodas.

A partir do que foi exposto na análise das tecnologias, pode-se dizer que as seguintes aplicações trazem benefícios para o corredor Sorriso-Paranaguá:

- FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (*LNG*) e Gás Natural Comprimido (*CNG* - para rodoviário) – Multimodal: essa tecnologia reduz substancialmente a quantidade de emissões de CO_2 e NO_x na atmosfera no corredor Sorriso-Paranaguá;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 17,0%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 90,0%.

- HT28 Unidade de carga e descarga automática – Plataformas multimodais: torna as operações mais rápidas e eficientes, reduzindo os tempos de espera e aumentando a confiabilidade do corredor;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 7,1%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 6,5%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 7,5%.
- HT34 Unidade de carregamento intermodal – Plataforma multimodal: assim como a tecnologia anterior (HT28), também torna as operações mais eficientes, reduz os tempos de espera e aumenta a confiabilidade;
    - Redução no tempo relativo da viagem (dias/mil.km): 9,5%;
    - Redução no índice da confiabilidade (dias/mil.km): 8,6%;
    - Redução no índice de congestionamentos (dias/mil.km): 10,0%.
- VE03 Caminhões Híbridos – Rodoviário: traz redução nos custos e aumento da eficácia no corredor, mas o principal ganho obtido com a adoção desta tecnologia é, novamente, a redução da quantidade de CO_2 emitida na atmosfera;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 5,9%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 25,0%.
- VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico – Rodoviário: seu impacto é semelhante aos impactos da tecnologia VE03, reduz os custos e reduz significativamente a emissão, não só de CO_2, como também de NO_x;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 3,2%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 18,0%;
    - Redução nas emissões de NO_x (gNO_X/TKU): 19,0%.
- VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento – Rodoviário: o impacto na redução dos custos é baixo, menor que 1%, mas esta tecnologia será considerada para o corredor Sorriso-Paranaguá devido ao seu potencial de reduzir as emissões de CO_2 em mais de 2%;
    - Redução dos custos absoluto e relativo: 0,5%;
    - Redução nas emissões de CO_2 (gCO_2/TKU): 3,0%.

São, portanto, seis melhorias indicadas para utilização no corredor Sorriso-Paranaguá, que também possibilitam melhorias nos indicadores de

desempenho, como reduções nos custos, no tempo de transportes e na emissão de gases do efeito estufa.

Novamente, considera-se que as tecnologias são independentes, ou seja, não se influenciam operacionalmente entre si e, por conta disso, seus efeitos são acumulados para avaliação do impacto da aplicação das seis tecnologias. Entretanto, ao se aplicar tal método para os cálculos, a exemplo do que ocorreu na análise do corredor Sapezal-Santarém, se obtém um percentual de melhoria acumulada maior que 100% para as diminuições de emissão de NO_x, ou seja, o uso de todas as seis estratégias praticamente zeraria essas emissões.

Mais uma vez, por conta disso, se considera uma medida mais conservadora, ao se limitar o impacto das tecnologias no corredor Sorriso-Paranaguá a uma redução de 98% na emissão de NO_x.

Dessa forma, na Tabela 6.37 são apresentados os percentuais acumulados de melhorias nos *KPI's* impactados pelas seis tecnologias no corredor Sorriso-Paranaguá.

Tabela 6.37 - Melhorias acumuladas nos indicadores de desempenho influenciados pelas tecnologias selecionadas para aplicação no corredor Sorriso-Paranaguá

Indicador de Desempenho	Melhorias acumuladas
Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	**63,0%**
Emissões NO_X (gNO_X/TKU)	**98,0%**
Tempo relativo (dia/mil.km)	**16,6%**
Confiabilidade (dias/mil.km)	**15,1%**
Congestionamentos (dias/mil.km)	**17,5%**
Custo absoluto (R$/t)	**9,5%**
Custo Relativo (R$/t.km)	**9,5%**

Fonte: o autor

Por fim, as melhorias obtidas com as tecnologias selecionadas são apresentadas na Tabela 6.38.

Tabela 6.38 - Impacto das melhorias obtidas com as tecnologias para o corredor Sorriso-Paranaguá

Indicador de Desempenho	Sem tecnologias	Melhorias acumuladas	Com tecnologias
Emissões CO_2 (gCO_2/TKU)	101,20	63,0%	37,44
Emissões NO_X (gNO_X/TKU)	2,87	98,0%	0,06
Tempo relativo (dia/mil.km)	30,9	16,6%	25,8
Confiabilidade (dias/mil.km)	2,6	15,1%	2,2
Congestionamentos (dias/mil.km)	29,4	17,5%	24,2
Custo Absoluto (R$/t)	R$174,84	9,5%	R$158,26
Custo Relativo (R$/t.km)	R$0,08	9,5%	R$0,07

Fonte: o autor

Mais uma vez, é possível observar, como nos corredores anteriores, que as tecnologias propostas por Moyano et al. (2012) no Projeto *SuperGreen* podem melhorar os *KPI's* considerados, principalmente nos que se referem às emissões de gases do efeito estufa. Neste caso do corredor Sorriso-Paranaguá, especialmente, obtém-se uma redução dos custos absoluto e relativo também, em função de o corredor rodoviário já partir de um custo mais alto, como esperado.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Nos últimos anos, mais precisamente a partir da década de 90, intensificou-se a atenção dada pela sociedade aos problemas relacionados à preservação do meio ambiente e a ações que interferem na qualidade de vida das pessoas, culminando em um aumento da quantidade de pesquisas e ONG's ligadas ao conceito de sustentabilidade e à importância de se considerar seus elementos na realização das tarefas humanas.

Dentre tais tarefas, as operações de transportes, mais precisamente de mercadorias, merecem destaque devido ao seu potencial de prejudicar o meio ambiente por conta das emissões de gases poluentes resultante de tais atividades.

Por conta disso, muitos países passaram a considerar a sustentabilidade no âmbito de suas políticas públicas, e neste trabalho é dada uma atenção especial aos exemplos de políticas que buscam um transporte mais responsável, especialmente na Europa, dando origem os corredores verdes de transportes.

O novo conceito de corredores verdes passou a ser utilizado no planejamento do transporte de mercadorias em muitos países do Velho Continente, embora não contasse com uma definição mais clara, e esta foi uma das contribuições deste trabalho. Conceitua-se, então, um corredor verde como sendo um corredor de transporte de mercadorias composto por operações que considerem estratégias para redução de emissão de gases do efeito estufa, que operem através de terminais que permitam transbordo entre modais, quando esta operação existir no corredor, sejam objetos de verificação de tecnologias para melhorias de eficiência e sustentabilidade, sob um ambiente regulado e com alta capacidade de volumes transportados, e cujas operações busquem equilíbrio entre produtividade e sustentabilidade.

Nota-se que a definição proposta considera, devido à dificuldade de análise de indicadores de desempenho de forma global e de aplicações de melhorias gerais, sem que se atente às particularidades de cada corredor e sua composição modal, que um corredor verde deve, ao menos, contar com estratégias e planejamento para que seus resultados sejam obtidos de forma

mais sustentável e com diminuição das emissões de gases do efeito estufa e que possibilitem, ainda assim, bom desempenho operacional.

Outro fator de relevância a partir da definição proposta é a necessidade de se contar com terminais adequados que permitam eficiência nos transbordos e operações intermodais. Acredita-se que isso leva a um aumento da produtividade que permitirá os investimentos em tecnologia e melhorias de "verdificação" dos corredores de transportes.

Considera-se que o objetivo principal desta tese, a avaliação da aplicação de tecnologias para obtenção de corredores verdes no Brasil, foi atingido e com resultados que possibilitassem as respostas para os questionamentos propostos.

A análise dos trabalhos de Moyano et al. (2012) e outras experiências internacionais de aplicação dos corredores verdes corroboraram as teorias avaliadas ao mostrarem que não é possível obter *benchmarks* abrangentes devido à grande variedade que a intermodalidade permite às operações de um corredor, bem como as características intrínsecas a cada um deles. Tanto os indicadores quanto as faixas de valores consideradas podem variar, dependendo da situação, fazendo com que a busca contínua por melhorias sejam o foco de quem administra um corredor verde, sob a égide de uma regulamentação específica.

Entendidas as características de um corredor verde, o estudo aplicou algumas teorias e ferramentas utilizadas por Moyano et al. (2012) no Projeto *SuperGreen* para o desenvolvimento de um possível corredor verde brasileiro.

Para isso, definiu-se que a metodologia de estudo de caso possibilitaria uma análise através de um caso representativo e relevante, levando a um processo criterioso de seleção e à escolha de três corredores de transportes de soja produzida no Estado do Mato Grosso para exportação até três importantes portos marítimos brasileiros. Os corredores analisados são diferentes entre sim no que se refere à composição modal, o que possibilita uma comparação entre os resultados e discussões sobre características que levam aos resultados obtidos.

7.1. Principais resultados

Os corredores selecionados, Sorriso (MT) – Santos (SP), Sapezal (MT) – Santarém (PA) e Sorriso (MT) – Paranaguá, são analisados de acordo com alguns dos indicadores estabelecidos por Moyano et al. (2012): eficácia, qualidade do serviço, sustentabilidade ambiental, suficiência de infraestrutura e reflexos sociais. Concomitantemente à definição de *KPI's* a serem analisados, definem-se os critérios e índices considerados para avaliação dos corredores, como por exemplo, a situação dos retroportos brasileiros, baseada em entrevistas realizadas e consolidadas pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2012).

A análise considerou dados obtidos, em sua maioria, junto a órgãos governamentais e de apoio às operações de transportes e os resultados obtidos permitiram uma análise comparativa dos corredores, inicialmente em suas condições atuais.

De forma geral, pode-se avaliar que o corredor Sapezal-Santarém é o que tem o menor custo relativo (considerando quantidade e distâncias) dentre as rotas, o que corrobora a afirmação de que o modal hidroviário é o mais barato por agregar economia de escala à operação. Entretanto, não é o corredor mais confiável, tampouco o mais rápido ou seguro. O corredor Sorriso-Santos é o mais rápido e também o que conta com a melhor infraestrutura de apoio, sendo assim o mais seguro.

Considerando os indicadores de sustentabilidade ambiental, novamente se observa que o modal hidroviário é vantajoso, uma vez que emite uma quantidade menor de gases de efeito estufa comparativamente aos outros corredores, outra característica esperada em relação a corredores que contemplam o modal hidroviário.

Já o corredor Sorriso-Paranaguá, puramente rodoviário, é o que causa maior impacto social, por conta de seu trajeto dentro de áreas urbanas.

Esta análise inicial dos *KPI's "as is"* possibilita que se responda à primeira pergunta proposta na introdução deste trabalho, sobre o potencial que os corredores brasileiros possuem para serem considerados corredores verdes. Nota-se a partir dos resultados obtidos que os corredores analisados possuem pontos críticos que merecem atenção, como o preço relativo e a eficiência ambiental no corredor Sorriso-Paranaguá ou o tempo de transporte no corredor Sapezal-Santarém, ou seja, caso sejam realizados planejamentos buscando aliar maior sustentabilidade a eficiência, os corredores podem ser considerados corredores verdes de transporte de mercadorias.

Além disso, observa-se que a implantação e desenvolvimento de sistemas de informação e tecnologia podem acrescentar outras melhorias, em alinhamento com o que ocorre nos corredores europeus.

A análise final verifica a possibilidade de aplicação de algumas das tecnologias propostas por Moyano et al. (2012), e apresentadas no Anexo A, nos corredores estudados. Essa análise considera o indicador de desempenho afetado pela tecnologia analisada e se haveria melhorias no caso de sua aplicação.

Dentre as possibilidades avaliadas, pode ser citada a tecnologia EN21, que considera a utilização de motores com sistema de redução no escape para as embarcações no corredor Sapezal-Santarém, e observou-se que os ganhos seriam pequenos, uma redução de 0,29% na quantidade de CO_2 emitido na atmosfera.

Já a adoção de veículos movidos a Gás Natural Líquido (*LNG*) ou Gás Natural Comprimido (*CNG*) pode trazer ganhos importantes para os três corredores, reduzindo em até 90% a quantidade de NO_x emitida nas operações destes corredores.

Uma outra melhoria que merece atenção é a que considera a otimização dos arrastos aerodinâmicos para os caminhões, possibilitando a diminuição do consumo de combustíveis nos três corredores e, consequentemente, diminuição do custo e emissão de gases do efeito estufa. Ao final da análise das tecnologias selecionadas, foram consideradas somente as que impactavam mais de 1% em ao menos um dos indicadores alterados por sua adoção.

Pode-se concluir a partir dos resultados obtidos nas análises dos estudos de caso que existe um potencial considerável de redução da emissão de gases do efeito estufa, especialmente o NO_x, uma diminuição mais tímida do custo relativo de operação nos corredores e melhorias operacionais que levam a melhores indicadores de confiabilidade e tempo de transportes.

O Quadro 7.1 apresenta as melhorias selecionadas para cada corredor analisado.

Quadro 7.1 - Tecnologias selecionadas como melhoria para os três corredores avaliados

Sorriso-Santos	Sapezal-Santarém	Sorriso-Paranaguá
• FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (LNG) e Gás Natural Comprimido (CNG - para rodoviário) • HT28 Unidade de carga e descarga automática • HT34 Unidade de carregamento intermodal • LU13 & LU14 Recuperação da energia de frenagem & Sistemas de armazenamento de energia a bordo • VE03 Caminhões Híbridos • VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico • VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento	• FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (LNG) e Gás Natural Comprimido (CNG - para rodoviário) • HT28 Unidade de carga e descarga automática • HT32_a Sistema de barcaça oceânica • HT34 Unidade de carregamento intermodal • VE03 Caminhões Híbridos • VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico • VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento • NA16 Auxílio de combinação "velocidade – rota"	• FU08 & FU03 Uso de Gás Natural Líquido (LNG) e Gás Natural Comprimido (CNG - para rodoviário) • HT28 Unidade de carga e descarga automática • HT34 Unidade de carregamento intermodal • VE03 Caminhões Híbridos • VE29 Melhoria do arrasto aerodinâmico • VE33 Pneus de baixa resistência ao rolamento

Fonte: o autor

Foram adotadas sete tecnologias para o corredor Sorriso-Santos, oito tecnologias para o corredor Sapezal-Santarém e seis tecnologias para o corredor Sorriso-Paranaguá. Para cada corredor tais tecnologias foram avaliadas de forma acumulada, ou seja, como se fossem implementadas simultaneamente e com resultados independentes, e foram observadas as possibilidades de melhorias. Esta análise permitiu que fosse respondido o segundo questionamento proposto para esta tese, acerca das intervenções realizadas para que operações mais sustentáveis fossem realizadas em corredores de transportes de cargas brasileiros.

Observa-se que seis das tecnologias se repetem como opções para os três corredores. Estas seis intervenções coincidentes (Uso de Gás Natural Líquido (LNG) e Gás Natural Comprimido (CNG - para rodoviário), unidade de carga e descarga automática, unidade de carregamento intermodal, caminhões híbridos, melhoria do arrasto aerodinâmico e pneus de baixa resistência ao rolamento) são, portanto, exemplos de intervenções que colaborariam com a sustentabilidade dos corredores.

Cabe salientar que estas intervenções se referem à operação rodoviária por se tratar do modal comum aos três corredores, mas a análise dos corredores "*as is*" permite concluir, mais uma vez, que a utilização do modal hidroviário contribui com a "verdificação" dos corredores, uma vez que é o modal que permite ao corredor que o utiliza, no caso, Sapezal-Santarém, a apresentar os melhores índices para os *KPI's* analisados. Em se tratando de Brasil, um país rico em bacias hidrográficas e com rios de extensão considerável, é possível afirmar que para que as operações de transportes de mercadorias sejam mais sustentáveis, deve haver um desenvolvimento do modal hidroviário.

Inclusive, pode-se afirmar que daí vem a resposta ao terceiro questionamento proposto para esta tese, que discute os gargalos e limitações para que no Brasil mais corredores de transportes sejam objeto do processo de desenvolvimento de corredores verdes. Observa-se nos resultados obtidos que o corredor mais sustentável, de forma geral, é o corredor que considera o modal hidroviário em sua composição, o corredor Sapezal-Santarém. É o mais barato (custo relativo),

o que emite a menor quantidade de gases, apresenta segurança adequada e boa infraestrutura, de forma geral.

Além disso, é o corredor que apresentou maior quantidade de tecnologias, como mostrou o Quadro 7.1, ou seja, apresenta um potencial de operações ainda mais ambientalmente responsáveis e eficientes. Pode-se dizer, portanto, que o baixo uso do modal hidroviário no Brasil (5% do total, de acordo com a Figura 1.2) é um fator limitante para o desenvolvimento dos corredores verdes no Brasil.

7.2. Limitações do estudo

Nesta seção, são discutidas as dificuldades encontradas durante a realização da pesquisa, bem como as limitações das análises realizadas. Os obstáculos encontrados são divididos em escolha dos corredores, análise dos corredores e transformação dos corredores em verdes.

7.2.1. Limitações da escolha dos corredores

O principal problema identificado durante o processo de escolha dos corredores estudados é o fato de que não são consideradas as possíveis expansões logísticas e novos projetos e investimentos da rede de transportes brasileira. De forma simplificada, a título de exemplo, pode-se citar uma resolução da ANTT que autorizou a ALL (ALL, 2014) a desenvolver a rede ferroviária do Mato Grosso entre as seguintes cidades, possibilitando interligação entre as cidades:

- Cuiabá (MT) e Uberaba/Uberlândia (MG);
- Cuiabá (MT) e Rondonópolis (MT);
- Cuiabá (MT) e Porto Velho (RO);
- Cuiabá (MT) e Santarém (PA);
- Alto Araguaia (MT) e Rondonópolis (MT).

Se tais expansões da malha ferroviária fossem realmente implementadas, haveria consequências nos corredores escolhidos. Por exemplo, o trecho entre

Cuiabá e Santarém passaria por Sorriso, e haveria ligação ferroviária também entre Cuiabá e Alto Araguaia, ou seja, Sorriso seria diretamente ligada ao Porto de Santos por uma malha ferroviária, o que geraria mudanças nos *KPI*'s desse corredor, especialmente em relação aos custos e emissões.

Já o trecho entre Cuiabá e Porto Velho atenderia o município de Sapezal e, assim, tornaria desnecessária a utilização do modal rodoviário do corredor Sapezal-Santarém.

O segundo problema identificado na escolha dos casos para análise é o fato de não se considerar as rotas marítimas até os destinos finais. Por exemplo, a exportação realizada em Santarém poderia não oferecer as mesmas condições de uma exportação iniciada em Santos e, mesmo que a logística *inland* para Santarém fosse mais barata, muitas vezes fosse de mais valia levar a soja para ser exportada no Porto de Santos.

7.2.2. Limitações da análise dos corredores

O primeiro problema observado, certamente, é a insuficiência dos dados encontrados para algumas das análises e, por conta disso, utilização de aproximações, como por exemplo em relação aos tempos de espera nos portos.

Para o cálculo das emissões não foram considerados o tipo da via e o tipo de combustível fóssil utilizado, ou seja, não se verificou diferenças no consumo dos caminhões que trafegam em uma rodovia ou dentro de uma cidade, adotando-se valores médios extraídos do anuário estatístico da CNT para o transporte aquaviário (CNT, 2013).

A modelagem utilizada também não considerou as tecnologias de informação de comunicação, que podem ter grandes impactos na gestão dos fluxos de cargas e na otimização dos corredores, observadas de certa forma nos casos europeus.

Também não foram consideradas as capacidades de transporte nos corredores estudados, embora algumas observações referentes a gargalos como a plataforma multimodal de Alto Araguaia ou o terminal portuário de Porto Velho tenham sido realizadas. Pode-se dizer que, da maneira com a qual os resultados

foram obtidos, ações e tecnologia que possibilitassem um aumento da capacidade de um corredor não representariam impactos nos *KPI's*, mas poderiam, na realidade, alterar os corredores estudados.

Outra limitação referente à análise dos corredores diz respeito à falta de alguns indicadores para comparação em âmbito nacional.

Por fim, para cálculo dos *KPI's*, não foi considerado o cálculo das emissões existentes nos ambientes das plataformas intermodais, ou seja, deveria ser avaliado o impacto de otimização energética também nesses locais.

7.2.3. Limitações da análise de transformação dos corredores

É preciso considerar que, de acordo com o projeto *SuperGreen* (MOYANO et al., 2012) considerado para o estudo, cada trecho de um corredor pode ser operado por empresas e companhias diferentes, e que prestam serviços diferentes. Dessa forma, isso pode dificultar a busca pela otimização global de um corredor, por conta da falta de uniformização das operações de transportes.

7.3. Sugestões e recomendações

Para finalizar esta tese, alguns tópicos e escopos considerados relevantes e não abordados neste trabalho são sugeridos e recomendados para pesquisas futuras.

Primeiramente, considera-se de suma importância que sejam analisadas possíveis melhorias nos indicadores através de estudos e experiências internacionais que aplicam melhorias em condições de estradas, utilização de combustíveis, sistemas de informações, recursos humanos aplicadas e adaptadas à realidade brasileira, bem diferente, por exemplo, das operações que acontecem na Europa.

Um outro ponto que poderia ser trabalhado é uma análise de qual integração modal, dada a situação atual dos transportes, poderia ser realizada para tornar

mais eficiente o fluxo de soja e, consequentemente resultar em uma melhora nos *KPI's*.

É de suma importância que testes e experimentos empíricos sejam realizados considerando as tecnologias propostas por Moyano et al. (2012) e até que haja uma transformação destas opções em soluções mais específicas para a realidade brasileira.

Também tem muito a contribuir uma pesquisa que estabeleça, ainda através de testes empíricos, *benchmarks* voltados à realidade brasileira, considerando as especificidades e individualidades de cada corredor.

Outra pesquisa que pode acrescentar muito a esta área pode tratar do impacto que a burocracia e a retenção de mercadorias nos portos brasileiros causa no processo de desenvolvimento de corredores mais sustentáveis. Abordar a eficiência portuária e os gargalos de infraestrutura nos terminais é considerado primordial.

Levantar junto aos diferentes operadores logísticos de que forma estes procuram tornar suas operações mais sustentáveis também é importante, bem como avaliar suas posições em relação às políticas públicas, tarifações e regulamentações existentes.

Por fim, avalia-se ser relevante que intervenções em infraestrutura que permitam maior utilização do modal hidroviário sejam executadas e, a partir disso, o processo de "verdificação" dos corredores possa ser avaliado a partir da transferência modal e maior utilização dos rios para transporte de mercadorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITJANDRA, P. T.; ZUNDER, T. H.; ISLAM, D. M. Z.; VANAALE, E. Investigating freight corridors towards low carbon economy: evidence from UK. Procedia – Social and Behavioral Sciences, v. 48, p. 1865 - 1876, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1161

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO – ANTAQ. Relatório de Gestão do Exercício 2013 da ANTAQ. Disponível em: http://www.antaq.gov.br/portal/pdf/contas/RelatorioGestao2013.pdf

AHI, P.; SEARCY, C. A comparative literature analysis of definitions for green and sustainable supply chain management. Journal of Cleaner Production, v. 52, p. 329-341, 2013. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.02.018

ALIBEYG, A.; CONTRERAS, I.; FERNÁNDEZ, E. Hub network design problems with profits. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, V. 96, p. 40-59, 2016. DOI: 10.1016/j.tre.2016.09.008.

ALICE WEB. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior. Base de Dados, 2017. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acesso em Fev. 2017.

ALL – AMÉRICA LATINA LOGÍSTICA Malha Norte S. A. Demonstrações financeiras de acordo com as práticas contábeis adotadas no Brasil e de acordo com as normas internacionais de relatório financeiro (IFRS) em 31 de dezembro de 2014. 2014. Disponível em <http://ri.rumolog.com/ptb/3609/4T14%20ALL%20Malha%20Norte%20-%20Publicado%20V5.pdf>

AZEVEDO, L. R. L. A infraestrutura de escoamento de grãos de Mato Grosso. 2014. 73. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto de Economia. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

BAK, M.; BORKOWSKI, P. Is integration of transport infrastructure positively impacting environmental sustainability?. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 29-38. ISSN 1868-8411

BALBINO, F. Porto de Santos é o nº 1 em movimentação da América Latina. Jornal A Tribuna Online. Disponível em: http://www.atribuna.com.br/noticias/noticias-detalhe/porto%26mar/porto-de-santos-e-o-no-1-em-movimentacao-da-america-latina/?cHash=44d79dd9abf900ae49e6b85bd26f2fed. Acesso em: 15. Fev.2017

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial. 5ª. Ed. Porto Alegre: Artmed. 2006.

BAZARAS, D.; YATSKIV, I.; ALMINAS, M.; RAMUNAS, P. Analysis of Common Governance Transport System Development Possibilities in the East-west Transport Corridor. Transport and Telecommunication, v. 16(1), p. 31–39, 2015. DOI: 10.1515/ttj-2015-0004

BERGQVIST, R.; EGELS-ZANDÉN, N. Green port dues – The case of hinterland transport. Research in Transportation Business & Management, v. 5, p. 85-91, 2012. DOI: 10.1016/j.rtbm.2012.10.002

BERGQVIST, R.; MACHARIS, C.; WOXENIUS, J. Making hinterland transport more sustainable a multi criteria analysis. Research in Transportation Business & Management, v. 14, p. 80-89, 2015. DOI: 10.1016/j.rtbm.2014.10.009

BEZÁK, B. The corridor for environmentally friendly and sustainable mobility. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 59-70. ISSN 1868-8411

BICKEL, P.; FRIEDRICH, R. Externalities of energy. Methodology 2005 update. European Commission, 270 p, 2005. ISBN 92-79-00423-9

BINSTED, A.; CLARK, A.; WAYGOOD, O.; AVINERI, E. Communicating the impacts of transport choices to encourage low carbon travel behaviours. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 5-16. ISSN 1868-8411

BOYD, H. W.; WESTFALL, R. Pesquisa mercadológica: texto e casos. 7.ed. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

BRANDENBURG, M.; GOVIDAN, K.; SARKIS, J., SEURING, S. Quantitative models for sustainable supply chain management: developments and directions. European Journal of Operational Research, v. 233(2), p. 299-312, 2014. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.09.032

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Legislação Brasileira. (1998). Planalto do Governo. Portal do Planalto. 1998. Disponível em: <http://www2.planalto.gov.br/presidencia/legislacao>. Acesso em 28/08/2015.

BRASIL. Lei 10.893, de 13 de julho de 2004. Dispõe sobre o Adicional ao Frete para a Renovação da Marinha Mercante - AFRMM e o Fundo da Marinha Mercante - FMM, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 de julho de 2004. Seção 1, p.2.

BROOKS, M. R. Liberalization in maritime transport. OECD/ITF (Organization for Economic Cooperation and Development/International Transport Forum), Paris, p. 1-32, 2009. Disponível em: <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/09FP02.pdf>

CARIOU, P. Is slow steaming a sustainable means of reducing CO2 emissions from container shipping? Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 16(3), p. 260-264, 2011. DOI: 10.1016/j.trd.2010.12.005

CASTELLS, M.; USABIAGA, J. J.; MARTÍNEZ, F. Road and maritime transport environmental performance: short sea shipping vs road transport. Journal of Maritime Research, v. 9(3), p. 45-53, 2012. ISSN: 1697-4840

CARVALHO, C., H., R. Emissões relativas de poluentes do transporte motorizado de passageiros nos grandes centros urbanos brasileiros. IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Brasília, 2011.

CHADE, J. Exportação do Brasil foi a que mais caiu entre grandes economias, O Estado de São Paulo, 14/04/2015. Disponível em <http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,exportacao-do-brasil-foi-a-que-mais-caiu-entre-grandes-economias,1669281> Acesso em 17 ago. 2015.

CHANG, C.; WANG, C. Evaluating the effects of green port policy: case study of Kaohsiung harbor in Taiwan. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 17 (3), p. 185-189, 2012. DOI: 10.1016/j.trd.2011.11.006

CHAPMAN, D.; PRATT, D.; LARKHAM, P.; DICKINS, I. Concepts and definitions of corridors: evidence from England's Midlands. Journal of Transport Geography, v. 11(3), pp. 179–191, 2003. DOI: 10.1016/S0966-6923(03)00029-2

CHOPRA, S., MEINDL, P. Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation. 5ª. ed. New Jersey: Pearson Education S.A. p. 528. 2012.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2012). Pesquisa CNT do transporte marítimo 2012. – Brasília: CNT, 2012. Disponível em <http://www.cnt.org.br/pesquisamaritima>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2013). Pesquisa CNT da navegação interior 2013. – Brasília: CNT, 2013. Disponível em <http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-cnt-navegacao-interior>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2015). Pesquisa CNT de Ferrovias 2015. – Brasília: CNT, 2015. Disponível em <http://www.cnt.org.br/Pesquisa/pesquisa-cnt-ferrovias>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT (2016). Pesquisa CNT de rodovias 2016: relatório gerencial. 20.ed. Brasília: CNT, 2016. – Brasília: CNT, 2016. Disponível em <http://pesquisarodovias.cnt.org.br/>

CLAUSEN, U.; GEIGER, C.; BEHMER, C. Green corridors by means of ICT applications. Procedia – Social and Behavioral Sciences, v. 48, p. 1877 - 1886, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1162

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, V. 3 – Safra 2015/2016 – N. 4, 2016. Disponível em http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_01_12_09_00_46_boletim_graos_janeiro_2016.pdf

CORBETT, J. J.; WANG, H.; WINEBREAK, J. J. The effectiveness and costs of speed reductions on emissions from international shipping. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 14 (8), p. 593-598, 2009. DOI: 10.1016/j.trd.2009.08.005

CORREA, V. H. C. e RAMOS, P. A Precariedade do Transporte Rodoviário Brasileiro para o Escoamento da Produção de Soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. RESR, Piracicaba, v. 48, n. 2, p. 447-472, abr./jun. 2010.

CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. Designing and conducting mixed methods research. California: Sage Publications, Inc. 2007.

CULLINANE, K.; BERGQVIST, R. Emission control areas and their impact on maritime transport. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 28, p. 1-5, 2014. DOI: 10.1016/j.trd.2013.12.004

DAVYDENKO, I.; EHRLER, V.; DE REE, D.; LEWIS, A.; TAVASSZY, L. Towards a global CO_2 calculation standard for supply chains: Suggestions for methodological improvements. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 32, p. 362-372, 2014. DOI: 10.1016/j.trd.2014.08.023

DE LANGEN, P. W.; SHARYPOVA, K. Intermodal connectivity as a port performance indicator. Research in Transportation Business & Management, v. 8, p. 97-102, 2013. DOI: 10.1016/j.rtbm.2013.06.003

DE MEYER, P.; MAES, F.; VOLCKAERT, A. Emissions from international shipping in the Belgian part of the North Sea and the Belgian seaports. Atmospheric Environment, v. 42 (1), p. 196-206, 2008. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.06.059

DEMIR, E.; BEKTAS, T.; LAPORTE, G. A comparative analysis of several vehicle emission models for road freight transportation. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 16, p. 347-357, 2011. DOI: 10.1016/j.trd.2011.01.011

DEMIR, E.; BEKTAS, T.; LAPORTE, G. A review of recent research on green road freight transportation. European Journal of Operational Research, v. 237, p. 775-793, 2014. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.12.033

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. Código de Trânsito Brasileiro: instituído pela Lei no 9.503, de 23 de novembro de 1997. 1a ed. Brasília: Denatran, 2008.

DURÃES FILHO, A. C.; GONÇALVES, L. M.; ALVES, M. T. A.; NASCIMENTO, S. M. R.; RANGEL, G. S. Cabotagem uma alternativa econômica de transporte eficaz para o Brasil. Revista Perspectivas Online, v.1(1), p. 13-22, 2011.

Disponível em:<http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/exatas_e_engenharia/artic le/download/150/82>. Acesso em Agosto de 2013.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em < https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>. Acesso em: 01 fev. 2017.

ENGSTRÖM, R. The Swedish green corridor initiative – history, current situation and thoughts about the future. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 49-58. ISSN 1868-8411

EUROSTAT STATISTICS, 2012. Disponível em < http://epp.eurostat.ec.europa.eu>. Acesso em 10 ago. 2015.

FAGERHOLT, K.; PSARAFTIS, H. N. On two speed optimization problems for ships that sail in and out of emission control areas. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 39, p. 56-64, 2015. DOI: 10.1016/j.trd.2015.06.005

FLEISCHER, T. Sustainable mobility at the EU level and the new transport White Paper. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 17-28. ISSN 1868-8411

FLICK, U. Introdução à pesquisa qualitativa. 3ª. Ed. Porto Alegre: Bookman Artmed. 2009.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. International Journal of Operations and Production Management, v. 22, n, 2, p. 152-194, 2002. DOI: 10.1108/01443570210414310

FOZZA, S.; RECAGNO, V. Sustainable technologies and innovation for green corridors: Survey and application. Procedia – Social and Behavioral Sciences, v. 48, p. 1753 - 1763, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1150

GALLAGHER, K. P. International trade and air pollution: estimating the economic costs of air emissions from waterborne commerce vessels in the United States. Journal of Environmental Management, v. 77(2), p. 99-103, 2005. DOI: 10.1016/j.jenvman.2005.02.012

GANGWAR, M.; SHARMA, S. M. Evaluating choice of traction option for a sustainable Indian Railways. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 33, p. 135 - 145, 2014. DOI: 10.1016/j.trd.201.08.025

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4ª. Ed. São Paulo: Atlas. 2002.

GONÇALVES, J. M. F.; MARTINS, G. Consumo de energia e emissão de gases do efeito estufa no transporte de cargas no Brasil. Revista Brasil Engenharia, v. 586, p. 70 – 77, 2008.

GOLD, S.; SEURING, S.; BESKE, P. The constructs of sustainable supply chain management – a content analysis based on published case studies. Progress in Industrial Ecology, An International Journal (PIE), v. 7(2), 2010

GUERRERO, S. E.; MADANAT, S. M.; LEACHMAN, R. C. The Trucking Sector Optimization Model: A tool for predicting carrier and shipper responses to policies aiming to reduce GHG emissions. Transportation Research Part E, v. 59, p. 85-107, 2013. DOI: 10.1016/j.tre.2013.08.005

HUNKE, K.; PRAUSE, G. Management of green corridor performance. Transport and Telecommunication, v. 14(4), p. 292-299, 2013. DOI: 10.2478/ttj-2013-0025

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal 2015 v. 42. Brasil. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 ago. 2016.

KISSIMOTO, K. O. A influência da tecnologia da informação na estratégia de personalização nas empresas brasileiras. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção. São Paulo, 2011. DOI: 10.11606/D.3.2011.tde-06042011-132054

KONTOVAS, C. A.; PSARAFTIS, H. N. An online ship emissions calculator as a decision-making aid and policy evaluation tool. In: Congress of International Maritime Association of Mediterranean, 13., 2009, Istanbul, Turquia.

KONTOVAS, C. A. The Green Ship Routing and Scheduling Problem (GSRSP): A conceptual approach. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 31, p. 61-69, 2014. DOI: 10.1016/j.trd.2014.05.014

KUDOVA, P. Clustering Genetic Algorithm. 18th International Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2007), Regensburg, 2007. p 138-142. DOI: 10.1109/DEXA.2007.65

KUSSANO, M. R.; BATALHA, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento de soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. Gestão e Produção, São Carlos, v.19, n. 3, p. 619-632, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LÄTILLÄ, L.; HENTTU, V.; HILMOLA, O. P. Hinterland operations of sea ports do matter: Dry port usage effects on transportation costs and CO_2 emissions. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, v. 55, p. 23-42, 2013. DOI: 10.1016/j.tre.2013.03.007

LINDSTAD, H.; ASBJØRNSLETT, B. E.; STRØMMAN, A. H. The importance of economies of scale for reductions in greenhouse gas emissions from shipping. Energy Policy, V. 46, P. 386-398, 2012. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.03.077

LINTON, J. D.; KLASSEN, R.; JAYARAMAN, V. Sustainable supply chain: an introduction. Journal of Operations Management, v. 6, p. 1075-1082, 2007. DOI: 10.1016/j.jom.2007.01.012

LONGO, F.; BRUZZONE, A.; NICOLETTI, L.; MASSEI, M.; SPADAFORA, F. An advanced and flexible simulation tool for environmental and sustainability enhancement in marine ports. International Journal of Engineering, Science and Technology, v. 6 (3), p. 70-84, 2014. DOI: 10.4314/ijest.v6i3.6S

MICHAELIS. Versão online do dicionário Michaelis da Língua Portuguesa. Disponível em < http://michaelis.uol.com.br >

MICHALK, P.; MEIMBRESSE, B. Benchmarking accessibility of ports and inland terminals in the Scandria Corridor. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 71-88. ISSN 1868-8411

MICHIELS, H.; MAYERES, I.; PANIS, L. I.; DE NOCKER, L.; DEUTSCH, F. PM2,5 and NOx from traffic: Human health impacts, external costs and policy implications from the Belgian perspective. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 17, p. 569-577, 2012. DOI: 10.1016/j.trd.2012.07.001

MIGUEL, P. A. C.; FLEURY, A.; MELLO, C. H. P; NAKANO, D. N.; LIMA, E. P.; TURRIONI, J. B.; HO, L. L.; MORABITO, R.; MARTINS, R. A.; SOUSA, R.; COSTA, S. E. G.; PUREZA, V. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2ª. Ed. São Paulo: Elsevier. 2012.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Plano Nacional de Logística & Transportes (PNLT), 2009. Disponível em: <http://www.transportes.gov.br/>. Acesso em 02/09/2016.

MONIOS, J.; BERGQVIST, R. Intermodal terminal concessions: lessons from the port sector. Research in Transportation Business & Management, v. 14, p. 90-96, 2015. DOI: 10.1016/j.rtbm.2014.09.002

MORALES-FUSCO, P.; SAURÍ, S.; MELO, G. Short Sea Shipping in Supply Chains. A Strategic Assessment. Transport Reviews, v. 33(4), p. 476-496, 2013. DOI: 10.1080/01441647.2013.786765

MOYANO H.; PANAGAKOS G.; FOZZA S.; HOLTE E.A.; ZACHARIOUDAKIS P.; GEORGOPOULOU C. Green Corridors Handbook - Volume I. A SuperGreen project document, 20.12.2012.

NAÇÕES UNIDAS. Terminology on combined transport. Geneva (Switzerland): United Nations, 2001.

OLIVER, J.; JANSSENS-MAENHOUT, G.; PETERS, J. Trends in global CO_2 emissions: 2012 report. Tech, rep., PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, Holanda. Disponível em <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/co2report2012.pdf>

ONO, R. T. Estudo de Viabilidade do Transporte marítimo de Contêineres por Cabotagem na Costa Brasileira. 2001. 132 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2001.

PAIXÃO CASACA, A. C.; MARLOW, P. B. The competitiveness of short sea shipping in multimodal logistics supply chains: service attributes. Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research, v. 32(4), p. 363-382, 2005. DOI: 10.1080/03088830500301469

PANAGAKOS, G. P.; PSARAFTIS, H. N. Green Corridors in freight logistics: how conducive is the operational and regulatory environment in Europe. In: SoNorA University Think Tank Conference, 8., 2011, Szczecin, Polônia. Proceedings of the 8th SoNorA University Think Tank Conference (Szczecin): University of Applied Sciences Erfurt, 2011, p. 39-48. ISSN 1868-8411

PANAGAKOS, G.; PSARAFTIS, H. N.; LARSEN, A. (2016). Green corridors in freight logistics. Technical University of Denmark (DTU), 2014.

PERAKIS, A. N.; DENISIS, A. A survey of short sea shipping and its prospects in the USA. Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research, v. 35(6), p. 591-614, 2008. DOI: 10.1080/03088830802469501

PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes. Projeto de reavaliação de estimativas e metas do PNLT. Relatório Executivo Final elaborado pelo Consórcio LOGIT/GISTRAN e Ministério dos Transportes. Brasília. Setembro/ 2012.

PORTAL MARÍTIMO. Mantendo a voga – Cabotagem segue crescendo 20% ao ano. Disponível em: <http://portalmaritimo.com/2014/12/15/mantendo-a-voga-cabotagem-segue-crescendo-20-ao-ano/>. Acesso em 02/09/2015.

PRAUSE, G. Sustainable development of logistics clusters in green transport corridors. Journal of Security and Sustainability Issues, v. 4, p. 59-68, 2014. DOI: 10.9770/jssi.2014.4.1

PRAUSE, G.; HUNKE, K.; Secure and sustainable supply chain management: Integrated ICT-Systems for green transport corridors. Journal of Security and Sustainability Issues, v. 3(4), p. 5–16, 2014. DOI: 10.9770/jssi.2014.3.4(1)

PRIEMUS, H.; ZONNEVELD, W. What are corridors and what are the issues? Introduction to special issue: the governance of corridors. Journal of Transport Geography, v. 11, p. 167–177, 2003. DOI: 10.1016/S0966-6923(03)00028-0

PSARAFTIS, H. N. EU Ports Policy: where do we go from here?. Maritime Economics & Logistics, v. 7(1), p. 73-82, 2005. DOI: 10.1057/palgrave.mel.9100125

PSARAFTIS, H. N.; KONTOVAS, C. A. Balancing the economic and environmental performance of maritime transportation. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 15, p. 458-462, 2010. DOI: 10.1016/j.trd.2010.05.001

PSARAFTIS, H. N.; PANAGAKOS, G. Green Corridors in European surface freight logistics and the SuperGreen project. Procedia – Social and Behavioral Sciences, v. 48, p. 1723 - 1732, 2012. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.06.1147

QU, Y.; BEKTAS, T.; BENNELL, J. Sustainability SI: Multimode Multicommodity Network Design Model for Intermodal Freight Transportation with Transfer and Emissions Costs. Networks and Spatial Economics, v. 16, p. 303-329, 2016. DOI: 10.1007/s11067-014-9227-9

QUADROS, S. G. R.; NASSI, C. D. Na evaluation on the criteria to prioritize transportation infrastructure investments in Brazil. Transport Policy, v. 40, p. 8-16, 2015. DOI: 10.1016/j.tranpol.2015.02.002

RAMOS, T. R. P.; GOMES, M. I.; BARBOSA-PÓVOA, A. P. Planning a sustainable reverse logistics system: balancing costs with environmental and social concerns. Omega, v. 48, p. 60-74, 2014. DOI: 10.1016/j.omega.2013.11.006

REGMI, M. B.; HANAOKA, S. Assessment of modal shift and emissions along a freight transport corridor between Laos and Thailand. International Journal of Sustainable Transportation, v. 9, p. 192-202, 2015. DOI: 10.1080/15568318.2012.754972

REIS, V.; MEIER, J. F.; PACE, G.; PALACIN, R. Rail and multi-modal transport. Research in transportation economics, v. 41, p. 17-30, 2013. DOI: 10.1016/j.retrec.2012.10.005

REIS, V. Analysis of mode choice variables in short-distance intermodal freight transport using an agent-based model. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 61, p. 100-120, 2014. DOI: 10.1016/j.tra.2014.01.002

RODRIGUE, J-P. Freight, gateways and mega-urban regions: the logistical integration of the Bostwash corridor. Tijdschrift voor economische en sociale geografie, v. 95(2), p. 147-161, 2004. DOI: 10.1111/j.0040-747X.2004.t01-1-00297.x

SAHIN, B.; YILMAZ, H.; UST, Y.; GUNERI, A. F.; GULSUN, B.; TURAN, E. An approach for economic analysis of intermodal transportation. The Scientific World Journal, v. 2014, p. 1-11, 2014. DOI: 10.1155/2014/630320

SANTOS, A. S. Modelagem do escoamento de granéis agrícolas aplicada à estratégia operacional nos terminais portuários da região Sudeste do Brasil. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2015. DOI: 10.11606/D.3.2014.tde-06052015-102551

SCOPUS - Abstract and citation database of peer-reviewed literature: scientific journals, books and conference proceedings. Disponível em:< https://www.scopus.com/>. Acesso em: 28 de fev. 2017.

SEAB PR – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná. Produção Agrícola do Estado do Paraná. 2015. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>. Acesso em 31. Jan. 17.

SELLTIZ, C.; WRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. Métodos de pesquisa das relações sociais. São Paulo: Herder, 1965.

SEP – Secretaria de Portos da Presidência da República. Plano Diretor Porto de Santarém. 2013. Disponível em: < http://www.portosdobrasil.gov.br/assuntos-1/pnpl/arquivos/planos-mestres-versao-completa/pm28.pdf>

SEPLAG RS/DEPLAN - Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional do Rio Grande do Sul. Estudos DEPLAN, v. 2. 2010. Disponível em: < http://planejamento.rs.gov.br/edicoes-anteriores>.

SOOKUN, A.; BOOJHAWOON, R.; RUGHOOPUTH, S. D. D. V. Assessing greenhouse gas and related air pollutant emissions from road traffic counts: A case study for Mauritius. Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 32, p. 35-47, 2014. DOI: 10.1016/j.trd.2014.06.005

SOUZA, R. Case Research in Operations Management. EDEN Doctoral Seminar on Research Methodology in Operations Management, Brussels, Belgium, 31st Jan.-4th Feb, 2005.

SUÁREZ-ALEMÁN, A.; TRUJILLO, L.; MEDDA, F. Short Sea shipping as intermodal competitor: a theoretical analysis of European transport policies. Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research, v. 42(4), p. 317-334, 2014. DOI: 10.1080/03088839.2014.904947

SULAIMAN, S. N. Educação ambiental, sustentabilidade e ciência: o papel da mídia na difusão de conceitos científicos. Ciência & Educação, v. 17, n. 3, p. 645 – 662, 2011.

STEADIESEIFI, M.; DELLAERT, N. P. NUIJTEN, WOENSEL, T. V.; RAOUFI, R. Multimodal freight transportation planning: A literature review. European Journal of Operational Research, v. 233, p. 1-15, 2014. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.06.055

STRING CORRIDOR. Definition of a green STRING corridor. Report of the STRING Corridor Project, 2012. Disponível em <

http://www.stringcorridor.org/media/36717/string_definition_report_-_final_1_.pdf>. Acesso em: 02/08/2015.

SWIFTLY GREEN. Greening of port operations BEST PRACTICE GUIDE. Report of the SWIFTLY Green Project, 2014. Disponível em < http://www.swiftlygreen.eu/sites/default/files/content/PDF/SwiftlyGreen/swiftly_green_report_-_greening_of_port_operations.pdf>. Acesso em: 02/08/2015.

SWIFTLY GREEN. Analysis and Effects of Transport Measures. Report of the SWIFTLY Green Project, 2014. Disponível em < http://www.swiftlygreen.eu/sites/default/files/content/PDF/SwiftlyGreen/swiftly_green_report_-_second_intermediary_results_-_measures.pdf>. Acesso em: 05/08/2015.

TEIXEIRA, R.B. Modelo integrado para seleção de cargas e reposicionamento de contêineres vazios no transporte marítimo. 2011.148 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2011.

TOLEDO, M. Especialização regional produtiva e a viabilização do território nacional para o escoamento da soja. Mercator – Revista de Geografia da UFC, ano 06, n. 12. 2007

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. British Journal of Management, v. 14, p. 207-222, 2003. DOI: 10.1111/1467-8551.00375

TURRA, F. S. Caminhos da Soja: Conquistas da Soja no Brasil. (p. 30). UBABEF – União Brasileira de Avicultura. 2013. Disponível em: < http://www.valor.com.br/sites/default/files/francisco_turra_06_20131_0.pdf>

VAJJHALA, S.; PAUL, A.; SWEENEY, R.; PALMER, K. Green Corridors – Linking Interregional Transmission Expansion and Renewable Energy Policies. Resources for the future, Discussion Paper, 2008.

VALOIS, N. A. L. Requisitos para modelo de operação da cabotagem de cargas conteinerizadas no Brasil: A utilização de terminais rápidos. 2014. 315 p. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Naval e Oceânica. São Paulo, 2014.

VAN LIER, T.; MACHARIS, C. Assessing the environmental impact of inland waterway transport using a life-cycle assessment approach: the case of Flanders. Research in Transportation Business & Management, v. 12, p. 29-40, 2014. DOI: 10.1016/j.rtbm.2014.08.003

VESTERGAARD, J.; ELLIOT, R.; LITTMANN, T.; REHM, S.; ASKLUND, A. C.; FECHNER, S. STRING Annual Report 2015, 07.10.2015.

VUTUKURU, S.; DABDUB, D. Modelling the effects of ship emissions on coastal air quality: a case study of Southern California. Atmospheric Environment, v. 42 (16), p. 3751–3764, 2008. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.12.073

WANG, Y.; RODRIGUES, V. S.; EVANS, L. The use of ICT in road freight transport for CO2 reduction – an exploratory study of UK's grocery retail industry. The International Journal of Logistics Management, v. 26, p. 2 - 29, 2015. DOI: 10.1108/IJLM-02-2013-0021

WOXENIUS, J. Generic Framework for Transport Network Designs: Applications and Treatment in Intermodal Freight Transport Literature. Transport Reviews, v. 27(6), p. 733-749, 2007. DOI: 10.1080/01441640701358796

WU, Z.; PAGELL, M. Balancing priorities: decision-making in sustainable supply chain management. Journal of Operations Management, v. 29 (6), p. 577-590, 2011. DOI: 10.1016/j.jom.2010.10.001

YANG, Z. L.; ZHANG, D.; CAGLAYAN, O.; JENKINSON, I. D.; BONSALL, S.; WANG, J.; HUANG, M.; YAN, X. P. Selection of techniques for reducing shipping NO_x and SO_x emissions. Transportation Research Part D, v. 17, p. 478-486, 2012. DOI: 10.1016/j.trd.2012.05.010

YIN, R. K. Estudo de Caso Planejamento e Métodos. 5ª. Ed. Porto Alegre: Bookman. 2015.

YING, H.; YIJUN, J. Discussion on green port construction of Tianjin Port. In: 2010 International Conference on Biology, Environment and Chemistry, 1., 2011, Cingapura. IPCBEE (Cingapura): IACSIT Press, 2011, p. 467-469.

ANEXO A – Tecnologias propostas pelo Projeto *SuperGreen*

a) Motores e sistemas de propulsão

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
EN02	Hélice de propulsão direta	Marítimo	Motor de baixa velocidade conectado diretamente ao eixo da hélice, vida útil de 20 anos, funcionando a 5.500 h/a.
EN03	Hélice mecanicamente ligada	Marítimo	Motor de velocidade média ligado por uma engrenagem de redução ao eixo da hélice, vida útil de 20 anos, funcionando a 5.500 h/a.
EN07	Propulsão diesel-mecânica com motor de alta velocidade	Marítimo	Motor de alta velocidade ligado por uma engrenagem de redução ao eixo da hélice, vida útil de 20 anos, funcionando 5.500 h/a.
EN16	Híbrido completo/paralelo	Rodoviário	Suporte elétrico da potência do motor poupando e reutilizando energia de frenagem e combinação de motor de 6 cilindros com motor elétrico.
EN21	Sistema de redução do escape	Navegação Interior	Sistema de redução de emissões que compreende um dispositivo para redução catalítica seletiva de NO_X e um mecanismo contendo um filtro de partículas para a redução de partículas.
EN39	Motores a gás	Navegação Interior	Motores a gás natural (diferentes soluções disponíveis, motores de gás puro, motores a gasóleo, motores de duplo combustível).
EN06	Propulsores azimutais	Marítimo	O motor funciona com gerador, com um motor elétrico situado dentro do navio, onde funciona o eixo da hélice, 20 anos de vida útil, funcionando a 5.500 h/a.
EN18	Tecnologia de células de combustíveis	Rodoviário	Veículos com mais de 3,5 t que funcionam com células de combustível renovável.
EN 15	Locomotivas com motor GLP	Ferroviário	Um sistema de propulsão para uma locomotiva de quatro eixos usando um motor de gás liquefeito de petróleo (GLP) ao invés de diesel convencional.
EN42	Motor CCNR I	Navegação Interior	A maioria dos motores existentes em conformidade com a norma CCNR I.
EN45	Motor CCNR II	Navegação Interior	Motores devem se adequar ao padrão CCNR II.
EN48	Motor CCNR III	Navegação Interior	Ainda sob negociação.
EN51	Motor CCNR IV	Navegação Interior	Ainda sob negociação.
EN54	Hélice de Kaplan no bocal	Navegação Interior	O bocal em torno da hélice de Kaplan cria impulso adicional.
EN57	Hélice alto de parafusos	Navegação Interior	O bico em torno da hélice de inclinação alta cria empuxo adicional.

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
EN61	Hélice em contra rotação	Marítimo	Sistema de impulso constituído por um par de hélices, localizadas uma atrás da outra, e que giram em sentidos opostos, de modo que a hélice traseira recupera parte da energia de rotação na corrente de arrasto da hélice dianteira.
EN62	Turbo diesel composto	Rodoviário	Os sistemas turbo compostos podem ser usados para afetar a operação do motor usando a energia do gás de exaustão do motor turbo disponível. Um primeiro dispositivo elétrico atua como gerador em resposta à rotação do turbocompressor, um segundo dispositivo elétrico atua como um motor para colocar potência mecânica no motor. Aparelhos, sistemas, etapas e métodos são descritos para controlar as operações do gerador e do motor para controlar a quantidade de energia que a ser recuperada. Isto pode controlar a operação do motor a partir de parâmetros desejáveis para determinadas condições operacionais.
EN11	Propulsão diesel-elétrica com motor duplo	Marítimo	Motor de velocidade média com GNL (gás natural liquefeito) como combustível primário e HFO (óleo pesado) ou MDO (Marine Diesel Oil) como combustível piloto.
EN24	Motor a Gás Melhorado	Rodoviário	Abordagem integrada com gerenciamento eletrônico do movimento da válvula, refrigeração da cabeça do cilindro aprimorada, sistema de injeção de combustível próximo à válvula e controle integrado avançado.

b) Combustíveis e fontes de energia

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
FU02	Uso de etanol e biocombustível	Marítimo Rodoviário	Sob pesquisa.
FU03	Gás Natural Comprimido (CNG)	Multimodal	Combustível mais limpo para equipamentos de movimentação.
FU08	Uso de Gás Natural Líquido (LNG)	Multimodal	Gás Natural Líquido.
FU18	Biogas	Multimodal	O biogás é produzido principalmente a partir de bio-resíduos, resíduos agrícolas e resíduos de estações de tratamento de esgoto.
FU25	Sistema de navegação "sky" - Propulsão a vento (navegação)	Marítimo	Ele usa grandes velas para a propulsão do navio. As forças de tração são transmitidas ao navio através de uma corda sintética altamente resistente.

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
FU05	AMP	Marítimo	O AMP (Alternative Maritime Power - energia marítima alternativo) é uma fonte de energia em terra que transforma a tensão de energia na costa em combinação com a energia da embarcação.
FU06	Propulsão a vento (navegação)	Marítimo/Navegação Hidroviária	Turbinas eólicas que geram energia limpa para alimentar 14 gruas de contêineres, contêineres frigoríficos, oficinas de reparo e outros recursos que consomem energia.
FU13	Eletricidade	Rodoviário/Ferroviário	A eletricidade hoje é produzida a partir de combustíveis fósseis, energia nuclear e fontes de energia renováveis.
FU26	Recuperação de calor residual	Marítimo	Utiliza os gases de escape do motor principal do navio através de um trocador de calor para gerar vapor em um gerador acionado por turbina, a energia elétrica gerada ajuda na propulsão do navio ou fornece serviços a bordo.
FU01	Diesel baixo teor de enxofre	Marítimo Navegação Hidroviária Ferroviário Rodoviário	Troca de óleo diesel industrial (0,5% de enxofre) para diesel com baixo teor de enxofre (0,005%), para veículos e equipamentos.
FU04	Rede de energia solar	Multimodal	Um painel solar de 6.600 metros quadrados capaz de gerar energia limpa que reduzirá a dependência do petróleo e reduzirá as emissões de gases de efeito estufa relacionadas à eletricidade.
FU07	HFO	Marítimo Ferroviário Rodoviário	Heavy fuel oil (óleo combustível pesado)
FU14	Hidrogênio	Rodoviário/Navegação Hidroviária	O hidrogênio é hoje produzido, principalmente, a partir da reciclagem do vapor de gás fóssil (alguma produção por eletricidade e fontes renováveis).
FU23	Energia Nuclear	Navegação Hidroviária Marítimo	Energia Nuclear.
FU30	Rotor Flettner	Marítimo	É um cilindro vertical que gira em torno de seu eixo que converte o vento predominante em energia propulsora.
FU29	Sistema híbrido de célula combustível	Multimodal	Desenvolver sistemas de células de combustível que sejam capazes de atender às demandas de transporte pesado para aplicações rodoviárias, ferroviárias e marítimas. Estes sistemas serão altamente eficientes, acima de 60%, densa, duráveis, robusta e confiaveis. As duas tecnologias de células de combustíveis consideradas são: - Tecnologia de células de combustível de eletrólitos poliméricos - Tecnologia de célula de combustível de

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
			óxido sólido. A abordagem científica e tecnológica baseia-se em clusterização e hibridização.

c) Tecnologias para transferência

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
HT01	Conversor de diesel para energia elétrica em RTG's	Marítimo Multimodal	RTG's equipados com componentes elétricos em lugar de peças hidráulicas tradicionais. A conversão eliminará as emissões e levará a menores níveis de ruído dos motores.
HT03	Terminais com tratores de tração hidráulica híbridos	Marítimo	Armazenamento da energia de frenagem no sistema hidráulico para aceleração.
HT07	Motores de baixa emissão	Multimodal	Os motores compatíveis com a Euro III / IV queimam mais eficientemente o diesel, reduzindo a emissão de CO_2 e fornecendo até 5% de redução no consumo de combustível.
HT10	Contêiner horizontal (des)carregando	Ferroviário	Metrocargo é uma solução inovadora para a manipulação de carga de contêineres em áreas eletrificadas de ferrovias. É um sistema de movimento horizontal de contêineres em uma plataforma automatizada para vagões. Esta tecnologia está pronta para a experimentação na nova plataforma da Maersk em Vado Ligure (SV), Itália.
HT06	MP-RTGs	Multimodal	Os RTGs alimentados por rede elétrica transferem a geração de energia do motor do guindaste de pátio para uma estação de energia muito mais eficiente. A estação de poder pode ser até 40% mais eficiente do que o motor do equipamento.
HT11	Carregamento sobre rodas (translifter)	Marítimo	Utiliza uma plataforma de carga em conjunto com um translifter em um sistema de encaixe. Translifter é um reboque de elevação orientável que juntamente com encaixes substitui reboques de rolo em Ro-Ro e StoRo.

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
HT28	Unidade de carga e descarga automática	Multimodal	O conceito é baseado em auto (des)carregamento de unidades usando um sistema roll on / roll-off com um trem especial de carros de plataforma, chamado carregador de trem. O desempenho de um carregador de trem é muitas vezes limitado pelo funcionamento do sistema de armazenamento e recuperação e pela capacidade. Embora ambos sejam sistemas separados, eles operam em conjunto para alcançar um determinado desempenho. Sistemas de recuperação deficientemente projetados ou com capacidade insuficiente podem reduzir significativamente o desempenho.
HT24	Terminal de Contêineres flutuantes (FTC)	Marítimo	O Terminal de Contêineres Flutuantes coleta e distribui contêineres e os agrupa com correntes.
HT08	Sistemas de transmissão ZF	Multimodal	Instalação do novo sistema de transmissão operando com base no conceito de transmissão Automático-Manual. Redução do consumo de combustível em 10% quando comparada com sistemas de transmissão mais antigos
HT09	Esquemas ecológicos para melhorar as emissões e o ruído de RTG's	Multimodal	Adição de um super-capacitor em RTG's. Quando o motor dos RTG's está funcionando, carrega o super capacitor ao mesmo tempo, e quando o super capacitor é carregado inteiramente, fornecerá energia.
HT20	Barcaça Expressa (BEX)	Navegação Hidroviária	O BEX é um conceito integrado para o transporte em grande escala de contêineres em barcaças com o objetivo de manipulação automatizada em terminais.
HT36	FlexiWaggon	Ferroviária	O Flexiwaggon pode combinar caminhões, automóveis e contêineres em um mesmo vagão. A carga e descarga dos vagões é individual. O carregamento e descarregamento é feito horizontalmente, o que significa que não é necessário considerar as linhas aéreas de contato. As emissões serão reduzidas em 75%, incluindo as emissões de dióxido de carbono.
HT05	Dispositivo de sincronização para partida/parada do motor	Multimodal	Aplicado em equipamentos de pátio (Straddle) para desligar o motor após um período de inatividade. Este é um dispositivo de cronometragem que controla o desligamento do motor e a inicialização, dependendo do nível de atividade.
HT32_a	Sistema de barcaça oceânica	Marítimo	O empurrador de barcaças rio-mar é um sistema de transporte em que um mesmo empurrador de barcaça é usado para o mar e no trecho hidroviário de uma cadeia de transporte.
HT33	Tráfego combinado Navio de carga/Barcaça (CTCB)	Marítimo	Um conceito de cabotagem baseado em um novo tipo de navio: o Trans Sea Lifter (TSL). Este navio pode transportar suportes de carga unitários flutuantes, nomeadamente barcaças geralmente utilizadas na navegação interior,

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
			entre vias navegáveis interiores separadas pelo mar aberto.
HT34	Unidade de carregamento intermodal	Multimodal	Novas soluções técnicas para unidades de carregamento intermodais, incluindo contêineres, adaptadores dedicados e dispositivos móveis internos, a fim de deslocar a principal via de transporte de mercadorias da rodovia para ferrovias e vias navegáveis interiores de forma sustentável. As atividades técnicas se baseiam no desenvolvimento e concepção de grandes contêineres ISO e contêineres ISO roll-off compatíveis com as dimensões de 2.550 x 2.900 x 7.450 mm. Estas dimensões estão em conformidade com a diretiva recomendada pela Comissão Europeia para as unidades de carregamento intermodais.

d) Tecnologias para preparação de cargas

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
CP01	Paletes de cartão	Multimodal	Ecológicos e sustentáveis, são feitos de materiais reciclados e completamente recicláveis, têm baixo peso, mas boa resistência.
CP02	Caixas Modulares	Multimodal	Contêineres modularizados e padronizados em todo o mundo em termos de dimensões, funções e acessórios. Fácil de manusear, armazenar, transportar, interligar, carregar, descarregar, construir e desmontar, compor e decompor. Materiais amigáveis ao meio ambiente.
CP03	Sistema de atmosfera passiva controlada	Multimodal	Sistema de atmosfera passiva controlada em que se cria o ambiente desejado. Baixos níveis de oxigênio retardam o processo.
CP04	Revestimentos para reservatórios de carga	Multimodal	Revestimentos de tanque de carga inovadores para reduzir a abrasão e corrosão.
CP05	Software para a configuração ideal de palete	Multimodal	Software para configuração de paletes ideal para reduzir os custos de envio. O usuário insere dimensões primárias do pacote ou da caixa e rapidamente monta as configurações ótimas de palete.

e) Tecnologias de aquecimento e arrefecimento

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
HC02	Unidade de temperatura inteligente	Multimodal	Os atuais vagões frigoríficos serão construídos com sistemas de refrigeração eficientes em termos energéticos, rastreamento GPS (Sistema de Posicionamento Global), intercâmbio de ar fresco e capacidade de monitorização remota dos sistemas, por vezes a milhares de km de distância numa rede. RFID (Radio Frequency Identification) para serviços de rastreamento são o principal suporte em sistemas de gestão de produtos perecíveis.
HC03	Unidades de controle de temperatura	Rodoviário	CryoTech: Módulos de CO_2 líquido para controle de temperatura (refrigeração/aquecimento).
HC04	Antena RFID com sensor de alarme de temperatura	Multimodal	Antena RFID com sensores e alarme de temperatura de baixo custo, capaz de detectar violações de temperatura acima de um limite de temperatura crítica.
HC05	Refrigerantes naturais	Multimodal	Os refrigerantes naturais são substâncias químicas produzidas nos processos bioquímicos da natureza. Eles não prejudicam a camada de ozônio e contribuem de forma insignificante para o aquecimento global, muito menos que os refrigerantes sintéticos.
HC06	Sistemas para reduzir custos de aquecimento em climas frios	Multimodal	O projeto investigará duas abordagens de resfriamento durante o processo de compressão. Na primeira, injetam-se quantidades relativamente grandes de óleo no compressor para absorver o calor gerado ao longo da fase de compressão. Na segunda abordagem, uma mistura de líquido e vapor refrigerante do estágio de expansão é injetada em vários pontos durante a compressão para proporcionar arrefecimento. As etapas adicionadas melhoram o processo de compressão ao mesmo tempo que reduzem as perdas de energia devido ao atrito na fase de expansão.
HC07	Programa de software QUEST	Marítimo	QUEST é um software sustentável com foco em manter uma temperatura de carga constante. Ele regula a temperatura do ar de retorno e permite que a temperatura do ar de suprimento flutue sem expor a carga a danos.
HC08	Unidade de refrigeração para caminhões TDJS35HP	Rodoviário	Unidade de refrigeração de caminhão permite o controle de temperatura simultânea de dois compartimentos de carga separada com configurações de temperatura diferentes, por bomba de calor.

f) Inovações em tecnologia e logística

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
LU13	Recuperação da energia de frenagem	Ferroviário	Recuperação da energia de frenagem dinâmica e restituição à rede/Subestação DB reversível.
LU14	Sistemas de armazenamento de energia a bordo	Ferroviário	Supercaps, baterias, volantes, armazenamento híbrido; Um volante é um dispositivo mecânico com um momento de inércia significativo usado como um dispositivo de armazenamento para a energia rotatória. Armazenamento de energia do volante, ou a energia de rotação de um volante, e baterias de tração elétrica recarregáveis também são usados como sistemas de armazenamento. As baterias são sistemas eletroquímicos de armazenamento de energia. Um supercapacitor é uma ferramenta que oferece capacitância elétrica muito alta em um pequeno pacote. Um trem híbrido é uma locomotiva, vagão ou comboio que utiliza um sistema de armazenamento de energia recarregável a bordo (RESS), colocado entre a fonte de alimentação (frequentemente um motor primário a diesel) e o sistema de transmissão de tração ligado às rodas.
LU11	Unidade de energia auxiliar (APU)	Ferroviário	Uma unidade auxiliar de potência (APU) é um dispositivo em uma locomotiva cuja finalidade é economizar de energia e reduzir as emissões poluentes. Os motores locomotivos não podem usar anticongelante em seus sistemas de resfriamento por razões técnicas relacionadas a reações de produtos químicos nas peças internas do motor. Portanto, durante o tempo frio, um motor de locomotiva deve estar trabalhando para transportar fretes ou em marcha lenta para evitar o congelamento. A APU mantém o motor principal quente, reduzindo o consumo de combustível e as emissões, enquanto o motor principal é desligado. A APU reduz os níveis de ruído ferroviário.
LU02	Unidade SECU	Multimodal	A SECU (Stora Enso Cargo Unit) é certificada pela ISO para 93,5 toneladas brutas. As dimensões são de 3,6 x 3,6 x 13,8 m.
LU03	Placa de carregamento	Marítimo	O Actiw LoadPlate foi desenvolvido para atender as demandas dos clientes para o carregamento rápido de espaço de carga padrão: contêineres, reboques. A solução é apropriada para carregar cargas de difícil conteinerização.
LU04	Carrinho de reboque	Marítimo	Sistema simples para amarrar reboques.
LU05	Contêiner de largura 2,5	Multimodal	Permite que dois paletes sejam carregados lado a lado.

g) Veículos

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
VE02	Locomotiva elétrica	Ferroviário	NS 999 é uma locomotiva inteiramente elétrica que usa um sistema de armazenamento de energia sem o uso de um motor diesel e com zero emissões de exaustão.
VE03	Caminhões Híbridos	Rodoviário	Motor de sustentação mais a movimentação auxiliar para operar uma plataforma elevando do caminhão. Combinação de motor de 6 cilindros mais motor elétrico.
VE09	Veículos elétricos	Rodoviário	Veículos com baterias elétricas.
VE10	Veículos Euro VI	Rodoviário	Euro VI é obrigatória para novos caminhões desde 2013, substituindo a Euro V.
VE01	Locomotivas híbridas	Ferroviário	Locomotivas híbridas foram desenvolvidas com o objetivo de criar a mais limpa, mais eficiente locomotiva à diesel de alta potência já construída.
VE22	Intercâmbio de carga rodo-ferroviário	Ferroviário	O projeto ferroviário Flexiwagon permitirá que os contêineres sejam movidos por estrada e por trem, carregando caminhões em vagões.
VE25	Sistema de reutilização da energia de frenagem	Ferroviário	Subestação DC reversível para recuperação da energia de frenagem dinâmica e restituição à rede.
VE29	Melhoria do arrasto aerodinâmico	Rodoviário	Espelhos aerodinâmicos, extensões laterais da cabine, carenagens integradas, pára-choques dianteiro aerodinâmico, carenagens completas no reservatório de combustível, carenagens ao lado do reboque, carenagem do reboque. http://www.nescaum.org/documents/heavy-dutytruck-ghg_report_final-200910.pdf/
VE33	Pneus de baixa resistência ao rolamento	Rodoviário	Pneus que são projetados para minimizar a energia desperdiçada como calor.
VE35	Eletrificação de caminhões em rodovias	Rodoviário	O conceito eHighway introduz a ideia de caminhões híbridos diesel-elétricos que podem funcionar como um carro elétrico quando houver linhas elétricas e também funcionam a diesel.
VE04	Células combustíveis	Rodoviário	F-Cell Sprinter de 3,5 toneladas é um transportador que utiliza a tecnologia de células de combustível renovável.
VE20	Sistema de empurrador e barcaça Rio-Mar	Navegação Hidroviária	O empurrador de barcaças rio-mar é um sistema de transporte em que um mesmo empurrador de barcaça é usado para o mar e no trecho hidroviário de uma cadeia de transporte.

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
VE21	Tráfego combinado Navio de carga/Barcaça (CTCB)	Marítimo/Navegação Hidroviaria	Um conceito de cabotagem baseado em um novo tipo de navio: o Trans Sea Lifter (TSL). Este navio pode transportar suportes de carga unitários flutuantes, nomeadamente barcaças geralmente utilizadas na navegação interior, entre vias navegáveis interiores separadas pelo mar aberto.
VE31	Inovação de truque ferroviário	Ferroviário	Nova geração de truques motorizados com eixos diretamente movidos por motores síncronos já está disponível para trens leves. No truque são combinadas tecnologias de tração, de marcha e de frenagem para formar um sistema mecatrónico altamente integrado.
VE32	Controle de medição de atrito	Ferroviário	Alguma energia gasta pelo trem é perdida para o rolamento nos trilhos. As reduções na resistência roda-para-trilho podem ser feitas através de lubrificação. Sistemas de lubrificação eficientes reduzem o desgaste das rodas e dos trilhos e reduzem o consumo de combustível.

h) Tecnologias de navegação

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
NA02	Sistema de Identificação Automática (AIS)	Marítimo	Sistema navio-para-navio, navio-para-terra e terra-para-navio. A finalidade principal é evitar colisões e rastrear o navio. Funciona em frequência de rádio VHF (Very high frequency, 30-300 MHz).
NA15	WiMax	Marítimo/Rodo/Ferroviário	Interoperabilidade Mundial para Acesso por Microondas. Internet sem fio de banda larga.
NA01	Sistema de controle de trens	Ferroviário	Sistema de controle e rastreamento de trem baseado em um método GPRS especial.
NA05	ECDIS	Marítimo	Um ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) é um sistema de informação de navegação baseado que pode ser usado como uma alternativa às cartas náuticas de papel. Integra informação de posição do GPS a outros sensores de navegação (radar, AIS). Também pode fornecer direções para navegação e fatômetro.
NA12	GEO satélites	Marítimo	Satélite geossíncrono cuja faixa orbital na Terra se repete regularmente sobre pontos na Terra ao longo do tempo. Se a órbita desse satélite estiver sobre o

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
			Equador e a órbita for circular, ele é chamada de satélite geoestacionário.
NA13	LEO satélites	Marítimo	Uma baixa órbita terrestre (LEO) é geralmente definida como uma órbita dentro do raio que se estende desde a superfície da Terra até uma altitude de 2.000 km. Dada a rápida decadência orbital de objetos abaixo de aproximadamente 200 km, a definição comumente aceita para LEO está entre 160-2.000 km acima da superfície da Terra.
NA14	Inmarsat	Marítimo	Empresa britânica de telecomunicações por satélite que oferece serviços móveis globais. Fornece telefonia e serviços de dados para usuários em todo o mundo por meio de terminais portáteis ou móveis que se comunicam com estações terrestres através de onze satélites de telecomunicações geossíncronos.
NA16	ATM - Otimização de rotas Auxílio de combinação "velocidade – rota"	Navegação Hidroviária	O Tempomaat (ATM) é um programa informático que aconselha o capitão sobre a combinação mais económica de rota e velocidade, permitindo que o navio chegue a tempo com um uso mais eficiente de combustível, reduzindo o consumo e as emissões.
NA17	Serviços de informação hidroviária (RIS)	Navegação Hidroviária	Os serviços de informação fluvial (RIS) são serviços de informação personalizados para o transporte por via navegável interior e permitem coordenar processos logísticos com situações reais de transporte numa base constante. Os RIS desempenham um papel fundamental na melhoria da eficiência dos transportes de carga e dos serviços de passageiros nas vias navegáveis, conduzindo a uma redução do consumo de combustível de cerca de 5%, aumentando simultaneamente a segurança do tráfego.

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
NA18	Controle preditivo de cruzamentos (PCC)	Rodoviário	O sistema de assistência PCC usa previsões de rota baseadas em mapas e satélites e economiza quantidades substanciais de combustível. Ao contrário de um sistema de controle de cruzeiro convencional que tenta manter uma velocidade predefinida, independentemente de como o terreno muda, o sistema PCC procura sua rota uma milha de antecedência e ajusta a saída do motor para os declives ascendentes e descendentes à frente. Com base nestas informações, o computador de bordo calcula a velocidade ideal para usar a dinâmica do caminhão e maximizar a economia de combustível.
NA07	Sistemas Globais de Navegação por Satélite ou GNSS	Marítimo/Rodo/Ferroviário	Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) é o termo genérico padrão para os sistemas de navegação por satélite ("sat nav") que proporcionam um posicionamento geo-espacial autónomo com cobertura global. O GNSS permite que pequenos receptores eletrônicos determinem sua localização (longitude, latitude e altitude) com boa precisão usando sinais de tempo transmitidos ao longo de uma linha de visão por rádio dos satélites.
NA11	LRIT	Marítimo	Identificação e rastreamento de longo alcance (LRIT) dos navios. É constituído pelo equipamento de transmissão de informação LRIT, prestadores de serviços de comunicações (CSP), fornecedores de serviços de aplicações (ASPs), LRITDataCenters, plano de distribuição de dados LRIT e o intercâmbio internacional de dados LRIT.
NA15	WiMax - Interoperabilidade Mundial para Acesso por Microondas	Marítimo	Internet sem fio de banda larga e de amplitude.

i) Melhores práticas de integração

ID	Nome da Tecnologia	Modal de Transporte	Descrição
BP04	Gerenciamento de Fluxo de Tráfego	Ferroviário	Um sistema para otimização on-line do fluxo de trânsito ferroviário para se obter atrasos e consumos de energia mínimos, desenvolvido pela Emkamatik em nome da SBB.
BP07	Transporte ferroviário de mercadorias sem carbono	Ferroviário	DB Schenker Rail substitui a electricidade necessária para o seu transporte de mercadorias com energia regenerativa que vem 100% a partir de fontes renováveis na Alemanha. Isso ajuda a evitar as emissões de carbono desde o início. Mesmo as menores quantidades podem ser transportadas desta forma sem emissões de carbono, em escala nacional e internacional.
BP02	TDS	Ferroviário	Sistema de controle de trem baseado em um método de aplicação GPS.
BP03	GEKKO	Ferroviário	Um sistema de orientação para a otimização da eficiência energética e do tempo, desenvolvido para as ferrovias da Dinamarca.
BP08	Transporte de cabotagem integrado	Marítimo	O conceito de Coaster Express (CoEx) é um conceito voltado à cabotagem, orientado para o agrupamento dos fluxos de transporte, ampliação das infraestruturas e a normalização e automatização dos processos de transbordo.
BP35	EREX (ERESS)	Ferroviário	O sistema Erex foi concebido pela European Railway Energy Saving Solution (ERESS) para ajudar as ferrovias a pouparem dinheiro e a reduzir as emissões de CO_2, fornecendo dados exatos de consumo de energia. Proporciona um processo de consumo energético eficiente, viável e flexível, que permite às empresas ferroviárias compreender seu consumo e, assim, poupar energia e custos. O Erex é configurado em uma plataforma virtual com capacidade quase ilimitada.

ANEXO B – *Benchmarks* estabelecidos por Moyano et al. no Projeto *SuperGreen*

Nome da tecnologia		Corredor	Modal	KPI SuperGreen	Impacto em comparação aos dados base
Caminhões Híbridos	VE03	Brenner	Rodoviário	Custos (€/t.km)	6% a 7%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	25%
Melhoria do arrasto aerodinâmico	VE29	Brenner	Rodoviário	Custos (€/t.km)	3% a 4%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	10% a 26%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	13% a 25%
Pneus de baixa resistência ao rolamento	VE33	Brenner	Rodoviário	Custos (€/t.km)	0% a 1%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	2% a 4%
Recuperação de calor residual	FU26	Mare Nostrum	Marítimo	Custos (€/t.km)	1% a 5%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	2% a 5%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	1% a 5%
Sistema de redução do escape	EN21	Mare Nostrum	Marítimo	Custos (€/t.km)	-4% a -1%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	90% a 96%
Cabotagem integrada	BP08	Mare Nostrum	Marítimo	Velocidade média (km/h)	5% a 8%
Hélice em contra rotação	EN61	Nureyev	Marítimo	Emissões de CO_2 (g/t.km)	5% a 15%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	4% a 16%
Propulsores azimutais	EN06	Nureyev	Marítimo	Emissões de CO_2 (g/t.km)	0% a 20%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	0% a 21%
Propulsão a vento (navegação)	FU25	Nureyev	Marítimo	Emissões de CO_2 (g/t.km)	0% a 15%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	0% a 14%
Uso de Gás Natural Líquido (LNG)	FU08	Nureyev	Marítimo	Emissões de CO_2 (g/t.km)	10% a 20%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	98% a 100%
Carregamento sobre rodas (translifter)	HT11	Nureyev	Marítimo	Velocidade média (km/h)	0% a 38%
				Frequência do serviço (#/ano)	0% a 6%
				Confiabilidade (%)	0% a 6%

Nome da tecnologia		Corredor	Modal	KPI SuperGreen	Impacto em comparação aos dados base
Sistema de redução do escape	EN21	Strauss	Navegação Interior	Custos (€/t.km)	0% a 1%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	-5% a 8%
Otimização de rotas Auxílio de combinação "velocidade – rota"	NA16	Strauss	Navegação Interior	Custos (€/t.km)	1% a 1%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	10% a 10%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	10% a 10%
Uso de Gás Natural Líquido (LNG)	FU08	Strauss	Navegação Interior	Emissões de CO_2 (g/t.km)	10% a 19%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	95% a 100%
Melhoria do arrasto aerodinâmico	VE29	Cloverleaf	Rodoviário	Custos (€/t.km)	2% a 8%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	10% a 26%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	10% a 26%
Caminhões Híbridos	VE03	Cloverleaf	Rodoviário	Custos (€/t.km)	13% a 23%
				Emissões de CO_2 (g/t.km)	-49% a 25%
				Emissões de SO_x (g/t.km)	10% a 26%
EREX	BP13	Cloverleaf	Ferroviário	Custos (€/t.km)	1%
Recuperação da energia de frenagem & Sistemas de armazenamento de energia a bordo	LU13 & LU14	Silkway	Ferroviário	Emissões de CO_2 (g/t.km)	30% a 40%
Uso de Gás Natural Líquido (LNG) e Gás Natural Comprimido (CNG - para rodoviário)	FU08 & FU03	Multicorridor	Rodoviário	Potencial redução das emissões de CO_2 (g/t.km)	11% a 23%
			Marítimo		20% a 25%
			Navegação Interior		similar ao marítimo
			Hubs		positivo
			Rodoviário	Redução de NOx	Positivo (similar ao marítimo)
			Marítimo		90%
			Navegação Interior		similar ao marítimo
			Hubs		positivo
			Todos	SOx	Perda de eficiência: ~0%
Otimização de rotas Auxílio de combinação	NA16		Marítimo	Economia de combustível	3.5% a 8% dependendo da medida
				Velocidade média	Influência positiva

Nome da tecnologia		Corredor	Modal	KPI SuperGreen	Impacto em comparação aos dados base
“velocidade – rota”				Confiabilidade (%)	
			Navegação Interior	Potencial redução na emissão de CO_2, NO_x e PM	10%
Recuperação de calor residual	FU26		Marítimo	Economia de combustível	Difere dependendo do tamanho e da complexidade. Indicativamente, 7%
				Redução de emissões	Relativo às economias de combustível

ANEXO C – Municípios produtores de soja no Paraná

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Tibagi	111.000	413.700,00	2,4%
Cascavel	109.473	390.870,16	2,2%
Castro	74.001	275.802,50	1,6%
Toledo	71.000	252.000,00	1,4%
Ponta Grossa	66.702	245.595,00	1,4%
Guarapuava	67.007	234.539,98	1,3%
Assis Chateaubriand	69.700	229.684,00	1,3%
Ubiratã	65.305	212.743,30	1,2%
Mamborê	56.102	207.077,51	1,2%
Campo Mourão	53.501	191.201,00	1,1%
Palmeira	52.405	167.570,50	1,0%
Corbélia	40.581	165.745,00	1,0%
Londrina	51.000	163.200,00	0,9%
Terra Roxa	51.325	163.040,00	0,9%
Lapa	48.200	159.060,00	0,9%
Pitanga	50.001	157.503,10	0,9%
Palotina	48.100	153.530,00	0,9%
Luiziana	42.702	146.698,25	0,8%
Candói	42.272	145.762,20	0,8%
Mangueirinha	38.800	136.900,00	0,8%
São Miguel do Iguaçu	47.381	136.669,60	0,8%
Ortigueira	36.400	130.680,00	0,8%
Roncador	37.501	129.996,50	0,7%
Campina da Lagoa	39.403	128.838,00	0,7%
Piraí do Sul	34.500	126.850,00	0,7%
Nova Aurora	31.823	126.250,49	0,7%
Teixeira Soares	36.251	122.478,45	0,7%
Clevelândia	37.001	116.168,00	0,7%
Arapoti	30.400	115.430,00	0,7%
Cambé	35.500	115.020,00	0,7%
Pinhão	34.201	111.151,60	0,6%
Sertaneja	35.800	109.548,00	0,6%
Coronel Vivida	32.003	106.554,00	0,6%
Juranda	30.950	105.575,00	0,6%
Sertanópolis	29.500	102.070,00	0,6%
Goioerê	29.801	100.835,30	0,6%
Céu Azul	26.502	100.489,10	0,6%
Cornélio Procópio	32.500	99.125,00	0,6%
Palmas	30.000	99.000,00	0,6%
Imbituva	29.153	98.380,80	0,6%
Quarto Centenário	25.850	97.935,75	0,6%
São Mateus do Sul	32.210	97.310,00	0,6%
Pato Branco	29.451	96.623,00	0,6%
Boa Esperança	26.901	93.554,00	0,5%
São Jorge do Ivaí	27.274	92.711,30	0,5%
Cafelândia	23.001	92.190,55	0,5%
Tupãssi	23.300	91.538,00	0,5%
Prudentópolis	29.208	91.394,00	0,5%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Campo Bonito	24.651	91.390,02	0,5%
Santa Mariana	30.970	91.051,80	0,5%
Guaíra	33.300	90.625,00	0,5%
Marechal Cândido Rondon	30.200	89.082,00	0,5%
Peabiru	27.690	88.664,55	0,5%
Alto Piquiri	25.330	88.659,94	0,5%
Araruna	27.001	86.587,00	0,5%
Engenheiro Beltrão	27.001	85.320,50	0,5%
Nova Cantu	22.602	85.078,00	0,5%
Renascença	26.301	84.844,00	0,5%
Irati	26.003	84.060,50	0,5%
Assaí	28.570	83.995,80	0,5%
Rolândia	25.800	83.592,00	0,5%
Marialva	24.011	83.300,00	0,5%
Catanduvas	24.452	82.478,45	0,5%
Farol	23.801	82.352,00	0,5%
Santa Tereza do Oeste	21.701	81.507,50	0,5%
Santa Helena	27.440	81.488,00	0,5%
Rebouças	24.952	80.644,49	0,5%
Manoel Ribas	24.601	79.951,50	0,5%
Maringá	23.312	79.232,00	0,5%
Carambeí	20.800	78.590,00	0,5%
Primeiro de Maio	23.400	78.390,00	0,5%
Reserva	23.350	77.995,00	0,4%
Maripá	23.050	74.877,51	0,4%
Marilândia do Sul	20.502	74.831,00	0,4%
Ipiranga	20.200	74.560,00	0,4%
Alvorada do Sul	23.900	74.090,00	0,4%
Astorga	21.300	73.911,00	0,4%
Braganey	19.319	73.849,50	0,4%
Janiópolis	21.902	72.631,00	0,4%
Arapongas	21.950	70.240,00	0,4%
Ventania	19.000	69.900,00	0,4%
Vera Cruz do Oeste	20.392	69.246,55	0,4%
São João	21.601	68.705,00	0,4%
Honório Serpa	20.351	67.873,00	0,4%
Chopinzinho	26.101	67.810,00	0,4%
Vitorino	20.751	66.660,00	0,4%
Rio Bonito do Iguaçu	20.822	66.618,14	0,4%
Rancho Alegre d'Oeste	18.950	66.359,35	0,4%
Leópolis	22.070	65.768,60	0,4%
Capanema	18.801	65.144,00	0,4%
Laranjeiras do Sul	19.641	64.682,83	0,4%
São João do Ivaí	19.301	64.656,50	0,4%
Quinta do Sol	19.792	64.627,68	0,4%
Brasilândia do Sul	19.320	64.560,00	0,4%
Quedas do Iguaçu	19.332	64.059,30	0,4%
Três Barras do Paraná	17.181	64.019,41	0,4%
Marmeleiro	18.631	63.304,00	0,4%
Apucarana	21.002	63.006,00	0,4%
Realeza	17.901	61.134,00	0,4%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
São Jerônimo da Serra	20.180	60.540,00	0,3%
Cândido de Abreu	19.501	60.451,40	0,3%
Jaguariaíva	15.700	57.910,00	0,3%
Boa Ventura de São Roque	19.100	57.300,00	0,3%
Bela vista do Paraíso	17.000	57.290,00	0,3%
Tamarana	18.000	57.114,00	0,3%
Mariluz	16.720	56.864,00	0,3%
Itambé	16.600	56.108,00	0,3%
Verê	18.001	56.004,00	0,3%
Goioxim	18.571	55.666,79	0,3%
Formosa do Oeste	13.850	55.291,10	0,3%
Ibiporã	16.475	55.191,25	0,3%
Santa Terezinha de Itaipu	16.905	55.092,70	0,3%
Itapejara d'Oeste	16.751	54.302,00	0,3%
Dois Vizinhos	16.151	53.914,00	0,3%
Francisco Beltrão	16.503	53.712,00	0,3%
São José da Boa Vista	15.505	52.740,00	0,3%
Francisco Alves	16.860	51.690,00	0,3%
Mariópolis	17.601	51.528,00	0,3%
Nova Prata do Iguaçu	16.051	51.164,00	0,3%
Arapuã	16.351	50.686,40	0,3%
Ivaiporã	14.901	50.661,50	0,3%
Wenceslau Braz	14.506	50.345,00	0,3%
Cantagalo	17.252	49.992,70	0,3%
Guaraniaçu	15.721	49.463,97	0,3%
Paulo Frontin	16.603	49.349,00	0,3%
Santo Antônio da Platina	16.502	49.099,50	0,3%
Jesuítas	12.220	48.834,00	0,3%
Fernandes Pinheiro	15.303	48.770,65	0,3%
Paula Freitas	16.002	48.282,00	0,3%
Santa Izabel do Oeste	13.711	47.911,00	0,3%
Borrazópolis	13.701	47.608,90	0,3%
Nova Santa Rosa	13.710	47.560,00	0,3%
Ariranha do Ivaí	15.001	47.251,38	0,3%
Rio Azul	15.251	47.140,80	0,3%
Faxinal	14.201	46.863,10	0,3%
Reserva do Iguaçu	14.100	46.530,00	0,3%
Mallet	15.051	46.470,80	0,3%
Ouro Verde do Oeste	13.000	46.440,00	0,3%
Bandeirantes	17.480	46.147,20	0,3%
São Pedro do Iguaçu	13.562	46.012,00	0,3%
Sengés	13.500	45.540,00	0,3%
Barbosa Ferraz	13.852	45.396,00	0,3%
Coronel Domingos Soares	15.500	44.950,00	0,3%
Nova Fátima	14.480	44.888,00	0,3%
Araucária	12.900	44.775,90	0,3%
Santo Antônio do Sudoeste	13.551	44.664,00	0,3%
Congonhinhas	14.835	44.595,00	0,3%
Pranchita	13.801	43.964,00	0,3%
Iporã	17.920	43.742,00	0,3%
Floresta	12.486	43.602,00	0,3%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Planalto	13.551	43.184,00	0,2%
Cambará	15.200	42.560,00	0,2%
Medianeira	13.931	42.406,50	0,2%
Lindoeste	13.013	42.142,15	0,2%
Fênix	13.685	41.539,66	0,2%
Balsa Nova	11.500	41.342,50	0,2%
Ivaí	11.900	41.250,00	0,2%
Rancho Alegre	13.470	41.218,20	0,2%
São Sebastião da Amoreira	13.420	41.065,20	0,2%
Jussara	11.620	40.624,00	0,2%
Moreira Sales	13.202	40.566,00	0,2%
Ibaiti	12.505	40.317,50	0,2%
Ourizona	11.474	40.151,40	0,2%
Turvo	13.862	38.779,02	0,2%
Bom Sucesso do Sul	12.171	38.757,00	0,2%
Matelândia	13.252	38.440,25	0,2%
Kaloré	10.602	37.848,00	0,2%
Uraí	12.590	37.770,00	0,2%
Terra Boa	11.500	36.800,00	0,2%
Salto do Lontra	10.601	36.584,00	0,2%
São Jorge d'Oeste	9.901	36.244,00	0,2%
Serranópolis do Iguaçu	13.590	36.143,98	0,2%
Jardim Alegre	9.801	35.281,40	0,2%
Iretama	10.502	34.654,00	0,2%
Ribeirão do Pinhal	12.780	34.506,00	0,2%
Iguaraçu	9.700	33.950,00	0,2%
Floraí	10.165	33.907,47	0,2%
Quatro Pontes	9.700	33.720,00	0,2%
Itambaracá	12.610	33.290,40	0,2%
Campo do Tenente	8.500	33.150,00	0,2%
Doutor Camargo	9.450	33.075,00	0,2%
Pérola d'Oeste	11.051	33.064,00	0,2%
Cruzmaltina	10.000	33.000,00	0,2%
Paiçandu	9.306	32.559,75	0,2%
Andirá	12.040	32.508,00	0,2%
Mato Rico	10.601	31.801,50	0,2%
Japurá	8.800	30.800,00	0,2%
Tuneiras do Oeste	10.210	30.612,00	0,2%
Sabáudia	8.801	30.539,00	0,2%
Ivatuba	8.307	30.386,40	0,2%
Itaipulândia	10.900	29.960,95	0,2%
Cianorte	9.270	29.600,00	0,2%
Mandaguaçu	8.698	29.457,52	0,2%
Campo Largo	8.800	29.233,60	0,2%
Capitão Leônidas Marques	8.446	28.994,30	0,2%
Foz do Iguaçu	10.101	28.666,65	0,2%
Espigão Alto do Iguaçu	8.850	28.376,52	0,2%
Antônio Olinto	8.203	28.339,00	0,2%
Missal	12.651	28.186,70	0,2%
Jundiaí do Sul	10.002	28.008,00	0,2%
Santa Maria do Oeste	9.001	27.901,40	0,2%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Centenário do Sul	8.845	27.419,50	0,2%
Jaguapitã	8.400	27.048,00	0,2%
Curiúva	7.502	27.008,00	0,2%
Nova Laranjeiras	8.801	27.002,40	0,2%
Abatiá	10.220	26.980,80	0,2%
São Pedro do Ivaí	8.051	26.969,00	0,2%
Santo Antônio do Paraíso	8.705	26.667,00	0,2%
Perobal	9.000	26.460,00	0,2%
Guapirama	8.804	26.420,00	0,2%
Santana do Itararé	8.002	26.410,00	0,2%
Iracema do Oeste	6.739	26.370,48	0,2%
Nova Tebas	8.501	26.351,50	0,2%
Campina do Simão	8.401	26.040,95	0,1%
Anahy	6.354	25.988,20	0,1%
Foz do jordão	7.931	25.748,10	0,1%
Porto Barreiro	8.011	25.614,10	0,1%
Prado Ferreira	7.900	25.461,70	0,1%
Rio Negro	7.830	25.447,50	0,1%
Virmond	8.281	25.244,50	0,1%
Ampére	7.301	25.164,00	0,1%
Santa Lúcia	6.851	24.527,75	0,1%
Jataizinho	8.150	24.450,00	0,1%
Florestópolis	6.900	24.012,00	0,1%
Santa Fé	6.850	23.838,00	0,1%
Quitandinha	7.850	23.550,00	0,1%
Iguatu	5.886	23.540,86	0,1%
Ângulo	6.470	23.292,00	0,1%
Contenda	6.600	23.238,60	0,1%
Pitangueiras	6.580	22.108,80	0,1%
Cambira	6.802	22.106,00	0,1%
Sarandi	6.301	22.054,00	0,1%
Porto Amazonas	6.802	21.763,80	0,1%
Mercedes	7.050	21.705,00	0,1%
Rio Bom	5.902	21.246,00	0,1%
Rio Branco do Ivaí	7.301	21.171,45	0,1%
Califórnia	5.854	21.074,00	0,1%
Ibema	6.371	20.534,01	0,1%
Diamante d'Oeste	5.638	19.488,50	0,1%
Boa Vista da Aparecida	5.391	19.281,00	0,1%
Conselheiro Mairinck	5.701	19.082,90	0,1%
Marquinho	5.910	19.030,89	0,1%
Santa Cecília do Pavão	6.210	18.630,00	0,1%
Guamiranga	5.951	18.373,50	0,1%
Lidianópolis	5.051	18.181,42	0,1%
Lobato	5.400	18.090,00	0,1%
São João do Triunfo	5.705	17.680,00	0,1%
Nova Santa Bárbara	5.890	17.670,00	0,1%
Atalaia	5.000	17.600,00	0,1%
Nova América da Colina	5.670	17.010,00	0,1%
Ramilândia	5.461	16.881,00	0,1%
Flor da Serra do Sul	5.201	16.644,00	0,1%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Munhoz de Melo	4.565	16.434,00	0,1%
Entre Rios do Oeste	5.000	16.044,00	0,1%
Jacarezinho	5.002	16.008,00	0,1%
Tomazina	4.505	15.655,00	0,1%
Japira	4.502	15.633,50	0,1%
Barra do Jacaré	5.500	15.400,00	0,1%
Lunardelli	4.501	15.211,42	0,1%
Salto do Itararé	5.002	15.010,00	0,1%
Querência do Norte	6.000	15.000,00	0,1%
Mauá da Serra	4.000	14.800,00	0,1%
Mandaguari	4.005	13.940,00	0,1%
Pinhalão	4.002	13.896,00	0,1%
Bela Vista da Caroba	4.701	13.804,00	0,1%
Santa Amélia	5.220	13.780,80	0,1%
Cruzeiro do Iguaçu	4.181	13.675,00	0,1%
Novo Itacolomi	3.750	13.500,00	0,1%
Sulina	4.151	13.375,00	0,1%
Corumbataí do Sul	3.706	12.959,50	0,1%
Jandaia do Sul	3.801	12.923,00	0,1%
Godoy Moreira	4.001	12.901,35	0,1%
Pato Bragado	4.530	12.628,00	0,1%
Boa Esperança do Iguaçu	3.741	12.432,00	0,1%
Paraíso do Norte	3.745	12.058,90	0,1%
Grandes Rios	4.001	12.001,35	0,1%
Lupionópolis	3.410	11.832,70	0,1%
Santa Cruz de Monte Castelo	4.300	11.610,00	0,1%
União da Vitória	4.103	11.570,00	0,1%
Palmital	3.900	11.310,00	0,1%
Nova Esperança	3.405	11.224,00	0,1%
Joaquim Távora	3.706	11.136,00	0,1%
Bom Sucesso	3.501	11.028,00	0,1%
Piên	3.450	10.867,50	0,1%
Inácio Martins	3.650	10.387,50	0,1%
Tijucas do Sul	3.130	10.172,50	0,1%
Marumbi	2.601	10.013,00	0,1%
Cruzeiro do Oeste	3.374	9.447,20	0,1%
Carlópolis	3.002	9.008,00	0,1%
São Carlos do Ivaí	3.000	9.000,00	0,1%
Cafezal do Sul	3.500	8.750,00	0,1%
Porecatu	2.690	8.669,87	0,0%
Sapopema	2.860	8.408,40	0,0%
Bom Jesus do Sul	2.501	8.254,00	0,0%
Cruzeiro do Sul	2.400	8.040,00	0,0%
Flórida	2.055	8.008,33	0,0%
Saudade do Iguaçu	2.981	7.881,00	0,0%
Nova Esperança do Sudoeste	2.422	7.739,00	0,0%
Guaraci	2.370	7.631,40	0,0%
Imbaú	2.221	7.484,00	0,0%
Rosário do Ivaí	2.501	7.251,40	0,0%
Barracão	2.071	7.249,00	0,0%
Enéas Marques	2.051	6.774,00	0,0%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Siqueira Campos	2.205	6.630,00	0,0%
São José das Palmeiras	1.860	6.600,00	0,0%
Diamante do Sul	2.000	6.300,45	0,0%
Cafeara	1.892	6.026,02	0,0%
Altônia	2.424	5.951,00	0,0%
Santo Inácio	1.869	5.872,50	0,0%
Jaboti	1.702	5.794,00	0,0%
Mirador	1.842	5.526,00	0,0%
São Tomé	1.600	5.360,00	0,0%
Cruz Machado	2.207	5.302,05	0,0%
Uniflor	1.580	5.293,00	0,0%
Altamira do Paraná	1.695	5.251,71	0,0%
Laranjal	1.750	5.250,00	0,0%
Figueira	1.601	5.130,00	0,0%
Bituruna	2.003	5.009,00	0,0%
Nossa Senhora das Graças	1.350	4.860,00	0,0%
Santa Isabel do Ivaí	1.450	4.785,00	0,0%
Amaporã	1.333	4.494,88	0,0%
Jardim Olinda	1.472	4.349,76	0,0%
Ribeirão Claro	1.302	4.300,00	0,0%
Pinhal de São Bento	1.201	4.204,00	0,0%
Salgado Filho	1.108	3.760,00	0,0%
Paranacity	1.100	3.685,00	0,0%
Fazenda Rio Grande	1.050	3.592,05	0,0%
Indianópolis	1.120	3.584,00	0,0%
São José dos Pinhais	1.080	3.561,84	0,0%
Paranapoema	1.100	3.546,40	0,0%
Campo Magro	1.050	3.436,65	0,0%
General Carneiro	1.301	2.928,00	0,0%
Santa Mônica	1.000	2.800,00	0,0%
São Manoel do Paraná	850	2.720,00	0,0%
Presidente Castelo Branco	800	2.600,00	0,0%
Colorado	880	2.402,40	0,0%
Douradina	869	2.399,85	0,0%
Agudos do Sul	735	2.278,50	0,0%
Santa Inês	672	2.150,40	0,0%
Mandirituba	570	1.865,61	0,0%
Cerro Azul	600	1.859,40	0,0%
Telêmaco Borba	500	1.700,00	0,0%
Umuarama	720	1.692,00	0,0%
Cidade Gaúcha	578	1.676,20	0,0%
Miraselva	550	1.650,00	0,0%
Tapira	318	1.125,72	0,0%
Marilena	480	1.104,00	0,0%
Tamboara	390	1.092,00	0,0%
Ivaté	352	1.034,88	0,0%
Paranavaí	400	1.000,00	0,0%
Porto Vitória	403	970,00	0,0%
Diamante do Norte	350	945,00	0,0%
Manfrinópolis	301	904,00	0,0%
Itaguajé	320	848,00	0,0%

Municipio	Área Total (ha)	Produção (t)	%
Pérola	390	721,50	0,0%
Icaraíma	435	652,50	0,0%
Alto Paraná	360	648,00	0,0%
Guaporema	200	640,00	0,0%
Piraquara	150	483,45	0,0%
Nova Aliança do Ivaí	150	382,35	0,0%
Rio Branco do Sul	120	360,00	0,0%
Rondon	120	360,00	0,0%
São Jorge do Patrocínio	126	315,00	0,0%
Maria Helena	100	250,00	0,0%
Quatiguá	30	240,00	0,0%
Xambrê	145	217,50	0,0%
Planaltina do Paraná	72	216,00	0,0%
Nova Londrina	70	161,00	0,0%
Terra Rica	56	140,00	0,0%
Loanda	102	130,56	0,0%
Alto Paraíso	55	118,80	0,0%
São João do Caiuá	47	104,86	0,0%
Inajá	10	33,50	0,0%