

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Maira Silva de Aguiar

**ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DO TRANSPORTE
MULTIMODAL DE CARGAS MANUFATURADAS
DESTINADAS À EXPORTAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção como requisito parcial à obtenção do título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Orientador: Prof. Renato da Silva Lima, Dr.

Itajubá

2011

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –
Bibliotecária Cristiane Carpinteiro- CRB_6/1702

A282a

Aguiar, Maira Silva de

Análise de alternativas de transporte multimodal de manufaturadas destinadas à exportação. / por Maira Silva de Aguiar. -- Itajubá (MG) : [s.n.], 2011.

103 p. : il.

Orientador: Prof. Dr. Renato da Silva Lima.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Transporte 2. Multimodalidade. 3. Exportação. 4. Produtos manufaturados. I. Lima, Renato da Silva, orient. II. Universidade Federal de Itajubá. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

Maira Silva de Aguiar

**ANÁLISE DE ALTERNATIVAS DO TRANSPORTE
MULTIMODAL DE CARGAS MANUFATURADAS
DESTINADAS À EXPORTAÇÃO**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 15 de Dezembro de 2011, conferindo a autora o título de *Mestre em Engenharia de Produção*

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Archimedes Azevedo Raia Jr. (UFSCAR)

Prof. Dr. Edson Pamplona (UNIFEI)

Prof. Dr. Renato da Silva Lima (Orientador)

Itajubá

2011

*Aos meus pais César e Maria pelo incentivo e
exemplo de vida e ao meu marido Robson pelo
carinho, compreensão e paciência
em todos os momentos.*

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar com a força, a sabedoria e a persistência necessárias para o alcance dos meus objetivos.

À minha família, pela educação e pelo exemplo de vida.

Ao Prof. Dr. Renato da Silva Lima pela oportunidade, paciência, confiança e orientação.

Ao Sr. Ildfonso Mendes Neto, Prefeito, e aos colegas da Prefeitura Municipal de São Bento do Sapucaí pela compreensão e ajuda nos momentos de ausência do trabalho.

Ao Sr. Martin von Sinsom, do Guia Marítimo, pelo apoio e ajuda em todos os momentos.

Aos professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá, em especial aos Professores Dr. Edson Plamplona e Dra. Josiane Lima pela ajuda, pelas idéias e pelo conhecimento transmitido.

Aos colegas de mestrado, em especial a Karin pela convivência, amizade e apoio.

A todos os meus amigos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O transporte multimodal é caracterizado pela utilização de mais de um modal para o transporte de uma mesma carga, com um único conhecimento de cargas. No Brasil, esse sistema é bastante utilizado para transporte de *commodities*, porém é pouco usado para transporte de produtos manufaturados. Isso se deve, em grande parte, a falta de estudos nessa área e, conseqüentemente, a falta de conhecimento dos custos e de rotas disponíveis para esse tipo de operação. Diante disso, o objetivo do presente trabalho é avaliar as rotas de transporte multimodal mais atraentes para o escoamento de produtos manufaturados da região do Vale do Paraíba (SP) com destino à exportação. Para tanto, foram identificadas as principais alternativas utilizando os diversos modais disponíveis na região. Com base nos dados obtidos referente aos transportes e nas características dos produtos foram gerados cenários de rotas, que tinham como destino os portos de Santos (SP), Itaguaí (RJ) e São Sebastião (SP) e os aeroportos de Campinas (Viracopos), Guarulhos (Cumbica) e de São José dos Campos. Na estruturação dos cenários foram considerados os fatores tempo e custo de cada trajeto. Depois da simulação, foi feita uma análise multicritério utilizando o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para identificar quais são as melhores opções para o transporte multimodal de produtos manufaturados, baseado na opinião dos especialistas da área. Os resultados obtidos mostram que a utilização da multimodalidade é viável para exportação de produtos manufaturados, que a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo é uma alternativa atraente e que existe necessidade de investimentos em infraestrutura para que as melhores opções encontradas possam ser praticadas.

Palavras-chaves: Transporte, Multimodalidade, Exportação, Produtos Manufaturados

ABSTRACT

Multimodal transport is characterized by the use of two or more mode of transport for the same load, with a single bill of lading. In Brazil, this system is widely used to transport commodities, but is little used for transportation of manufactured goods. This is due in large part to the paucity of studies in this area and, consequently, lack of knowledge of the costs and routes available for this type of operation. Thus, the objective of this study is to evaluate the multimodal transportation routes more attractive to the flow of manufactured goods in the region of Vale do Paraíba (SP) intended for export. To this end, the main alternatives were identified using the various modes available in the region. Based on data concerning the transport and characteristics of products were generated scenarios routes, which were bound for the ports of Santos (SP), Itaguaí (RJ) and São Sebastião (SP) and the airports of Campinas (Viracopos) Guarulhos (Guarulhos International) and São José dos Campos. In structuring the scenarios were considered the factors time and cost of each path. After the simulation, an analysis was done using the multicriteria AHP (Analytic Hierarchy Process) to identify which are the best options for multimodal transport of manufactured goods, based on the opinion of specialists. The results show that the use of multimodality is feasible for export manufactured products, the combination road/rail/sea is an attractive alternative and that there is need investment in infrastructure for the best options available that can be practiced.

Keywords: Transportation, Multimodality, Export, Manufactured Products

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 - Matriz de transporte brasileira..... | 8 |
| Figura 2.2 – Comparação de matrizes de transporte..... | 8 |
| Figura 2.3 – Mudanças previstas na matriz de transportes do Brasil..... | 9 |
| Figura 2.4 – Representação típica do transporte multimodal/intermodal..... | 10 |
| Figura 2.5 – Comparativo de recorrência ao mercado na multimodalidade e intermodalidade | 12 |
| Figura 2.6 – Pesquisa de referencial teórico..... | 14 |
| Figura 2.7 – Pesquisa de transporte intermodal..... | 15 |
| Figura 2.8 – Pesquisa transporte multimodal..... | 15 |
| Figura 2.9 – Pesquisa referencial teórico da CAPES..... | 16 |
| Figura 2.10 – Evolução dos investimentos nas ferrovias brasileiras..... | 24 |
| Figura 2.11 – Evolução do transporte de carga por ferrovia..... | 25 |
| Figura 2.12 – Mercadorias transportadas por ferrovia..... | 26 |
| Figura 2.13 – Estado geral das rodovias pesquisadas em 2010..... | 27 |
| Figura 2.14 – Transporte rodoviário de cargas..... | 29 |
| Figura 2.15 – Operação portuária antes da privatização..... | 30 |
| Figura 2.16 – Operação portuária após a privatização..... | 31 |
| Figura 2.17 – Evolução da movimentação de cargas nos portos brasileiros..... | 31 |
| Figura 2.18 – Participação na movimentação de cargas, por natureza..... | 32 |
| Figura 2.19 – Evolução da movimentação de cargas em aeroportos brasileiros..... | 34 |
| Figura 2.20 – Evolução das exportações em aeroportos no Brasil..... | 34 |
| Figura 2.21 – Movimentação das exportações por aeroporto..... | 35 |
| Figura 2.22 – Exportação por classe de produto em valor absoluto..... | 44 |
| Figura 2.23 – Principais mercados de destino das exportações..... | 45 |
| Figura 2.24 – Evolução das exportações brasileiras..... | 46 |
| Figura 2.25 – Evolução das exportações brasileiras e mundiais..... | 47 |
| Figura 2.26 – Participação da demanda externa na queda da produção industrial..... | 47 |
| Figura 2.27 – Efeito das exportações sobre a produção industrial setorial..... | 48 |
| Figura 2.28 – Participação das exportações no PIB brasileiro..... | 49 |
| Figura 2.29 – Exportação por valor agregado..... | 50 |
| Figura 2.30 - Metodologia de pesquisa..... | 52 |

| | |
|--|----|
| Figura 2.31 – Modelo de estrutura hierárquica..... | 54 |
| Figura 4.1 - Vale do Paraíba..... | 63 |
| Figura 4.2 – Estrutura hierárquica do modelo de priorização logística para o transporte multimodal de cargas manufaturadas para o produto monitor..... | 71 |
| Figura 4.3 - Rota da alternativa A10 para o porto de São Sebastião (SP)..... | 76 |
| Figura 4.4 – Estrutura hierárquica do modelo de priorização logística para o transporte multimodal de cargas manufaturadas para o produto celular..... | 82 |
| Figura 4.5 - Rota da alternativa C10 para o aeroporto de São José dos Campos..... | 86 |
| Figura 4.6 - Rota da alternativa A11 para o porto de Santos (SP)..... | 87 |
| Figura 4.7 - Rota da alternativa C7 para o aeroporto de Guarulhos..... | 88 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Principais investimentos das concessionárias por categoria (R\$ Milhões)..... | 24 |
| Tabela 2.2 – Evolução das exportações brasileiras entre 1980 e 2009..... | 45 |
| Tabela 2.3 – Evolução do comércio exterior brasileiro..... | 49 |
| Tabela 2.4 - Escala de comparação de critérios..... | 55 |
| Tabela 2.5 – Índice de Aleatoriedade (RI)..... | 56 |
| Tabela 4.1 – Cenários do transporte multimodal para os portos..... | 64 |
| Tabela 4.2 – Cenários do produto monitor quanto ao tempo para a combinação rodoviário/marítimo..... | 65 |
| Tabela 4.3 – Cenários do produto monitor quanto ao tempo para a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo..... | 65 |
| Tabela 4.4 – Cenários do produto monitor quanto ao custo para <i>container</i> de 20”..... | 66 |
| Tabela 4.5 – Cenários do produto monitor quanto ao custo para <i>container</i> de 40”..... | 66 |
| Tabela 4.6 – Alternativas das combinações rodoviário/marítimo e rodoviário/ferroviário/marítimo para exportação de monitor..... | 68 |
| Tabela 4.7 – Pesos dos fatores associados ao tempo do produto monitor..... | 69 |
| Tabela 4.8 – Pesos dos fatores associados ao custo utilizando <i>container</i> de 20”..... | 69 |
| Tabela 4.9 – Pesos dos fatores associados ao custo utilizando <i>container</i> de 40”..... | 70 |
| Tabela 4.10 – Pesos dos grupos de fatores de priorização..... | 70 |
| Tabela 4.11 – Modelo de priorização – fatores e grupos de fatores..... | 71 |
| Tabela 4.12 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para grupo fator tempo..... | 72 |
| Tabela 4.13 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para grupo fator custo, utilizando o <i>container</i> de 20”..... | 73 |
| Tabela 4.14 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para grupo fator custo, utilizando o <i>container</i> de 40”..... | 74 |
| Tabela 4.15 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para grupo fator tempo e custo, utilizando o <i>container</i> de 20”..... | 75 |
| Tabela 4.16 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para grupo fator tempo e custo, utilizando o <i>container</i> de 40”..... | 76 |
| Tabela 4.17 – Cenários do transporte multimodal para os aeroportos..... | 78 |
| Tabela 4.18 – Cenários do produto celular quanto ao tempo..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Tabela 4.19 – Cenários do produto celular quanto ao custo..... | 79 |
| Tabela 4.20 – Alternativas da combinação rodoviário/aéreo para exportação de celular..... | 80 |
| Tabela 4.21 – Pesos dos fatores associados ao tempo para o produto celular..... | 81 |
| Tabela 4.22 – Pesos dos fatores associados ao custo para o produto celular..... | 81 |
| Tabela 4.23 – Pesos dos grupos fatores de priorização..... | 81 |
| Tabela 4.24 – Modelo de priorização – fatores e grupos fatores..... | 82 |
| Tabela 4.25 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator tempo..... | 83 |
| Tabela 4.26 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator custo..... | 84 |
| Tabela 4.27 – <i>Ranking</i> das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para grupo fator tempo e custo..... | 85 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 2.1 – Estrutura de custos para cada modal..... | 19 |
| Quadro 2.2 – Vantagens e desvantagens de cada modal..... | 21 |
| Quadro 2.3 – Concessionárias e extensão das malhas ferroviárias..... | 23 |
| Quadro 2.4 – Primeira etapa de privatização do transporte rodoviário..... | 28 |
| Quadro 2.5 – Convenções internacionais sobre transporte multimodal..... | 39 |
| Quadro 2.6 – Resumo das legislações de países e blocos econômicos..... | 40 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ANTT | Agência Nacional de Transporte Terrestre |
| ABTP | Associação Brasileira de Terminais Portuários |
| AHP | <i>Analytic Hierarchy Process</i> |
| ALADI | Associação Latino-Americana de Integração |
| ANTAQ | Agência Nacional de Transportes Aquáticos |
| ANTF | Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários |
| ASEAN | Associação de Nações do Sudeste Asiático |
| BNDES | Banco Nacional do Desenvolvimento |
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CMI | Comitê Marítimo Internacional |
| CNT | Confederação Nacional dos Transportes |
| CONFAZ | Conselho Nacional de Política Fazendária |
| CTMC | Conhecimento de Transporte Multimodal de Cargas |
| DNER | Departamento Nacional de Estradas de Rodagem |
| DNIT | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte |
| DOT | Departamento Federal de Transportes |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| ICMS | Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços |
| MDIC | Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior |
| MERCOSUL | Mercado Comum do Sul |
| OACI | Organização de Aviação Civil Internacional |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| OTM | Operador de Transporte Multimodal |
| PAC | Plano de Aceleração do Crescimento |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PND | Programa Nacional de Desestatização |
| PNLT | Plano Nacional de Logística e Transporte |
| RFFSA | Rede Ferroviária Federal S.A. |
| SECEX | Secretaria Nacional de Comércio Exterior |
| SISCOMEX | Sistema Nacional de Comércio Exterior |
| UNCITRAL | <i>United Nations Commission on International Trade Law</i> |

UNCTAD *United Nations Conference on Trade and Development*
UNCTAD/ICC Organização das Nações Unidas para o Comércio e
Desenvolvimento/Câmara de Comércio Internacional

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Objetivo | 4 |
| 1.2 Justificativa | 4 |
| 1.3 Limitações do Trabalho | 5 |
| 1.4 Estrutura do Trabalho | 5 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO..... | 7 |
| 2.1 Transporte de cargas no Brasil..... | 7 |
| 2.2 Multimodalidade x Intermodalidade..... | 9 |
| 2.3 Análise de pesquisas em transporte multimodal..... | 13 |
| 2.4 Estudos internacionais e nacionais em transporte multimodal | 16 |
| 2.5 Características dos modais de transporte | 19 |
| 2.6 Principais entraves para a implantação do transporte multimodal no Brasil..... | 22 |
| 2.6.1 Transporte Ferroviário..... | 23 |
| 2.6.2 Transporte Rodoviário..... | 26 |
| 2.6.3 Transporte Marítimo | 30 |
| 2.6.4 Transporte Aéreo..... | 33 |
| 2.6.5 Entraves burocráticos | 36 |
| 2.7 Legislação aplicada ao transporte multimodal..... | 37 |
| 2.8 Vantagens da implantação do transporte multimodal..... | 42 |
| 2.9 Exportação de Produtos Manufaturados no Brasil..... | 43 |
| 2.10 Modelagem e Simulação..... | 51 |
| 2.11 Análise Multicritério..... | 53 |
| 3. METODOLOGIA DE PESQUISA | 57 |
| 3.1 Classificação da pesquisa..... | 57 |
| 3.2 Etapas e procedimentos | 58 |

| | |
|--|----|
| 3.2.1 Escolha do objeto de estudo | 58 |
| 3.2.2 Coleta de dados | 59 |
| 3.2.3 Modelagem dos cenários | 61 |
| 3.3.4 Análise geral dos resultados | 61 |
| 4. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DOS CENÁRIOS | 62 |
| 4.1 Caracterização da região do Vale do Paraíba | 62 |
| 4.2 Construção e simulação dos cenários para o produto monitor | 63 |
| 4.2.1 Simulação dos cenários quanto ao tempo | 64 |
| 4.2.2 Simulação dos cenários quanto ao custo | 65 |
| 4.3 Modelagem do problema com uso do AHP para o produto monitor | 67 |
| 4.3.1 Descrição do problema | 67 |
| 4.3.2 Definição dos pesos associadas aos critérios | 68 |
| 4.3.3 Estrutura do processo de decisão | 71 |
| 4.4 Análises das alternativas para o produto monitor | 72 |
| 4.4.1 Análise das alternativas quanto ao grupo fator tempo | 72 |
| 4.4.2 Análise das alternativas quanto ao grupo fator custo | 73 |
| 4.4.3 Análise dos cenários quanto ao tempo e ao custo para o produto monitor | 75 |
| 4.5 Construção e simulação dos cenários para o produto celular | 77 |
| 4.5.1 Simulação dos cenários quanto ao tempo | 78 |
| 4.5.2 Simulação dos cenários quanto ao custo | 79 |
| 4.6 Modelagem do problema com uso do AHP para o produto celular | 79 |
| 4.6.1 Descrição do problema | 79 |
| 4.6.2 Definição dos pesos associadas aos critérios | 80 |
| 4.6.3 Estrutura do processo de decisão | 82 |
| 4.7 Análises das alternativas para o produto celular | 83 |
| 4.7.1 Análise das alternativas quanto ao grupo fator tempo | 83 |
| 4.7.2 Análise das alternativas quanto ao grupo fator custo | 84 |

| | |
|---|-----|
| 4.7.3 Análise dos cenários quanto ao tempo e ao custo para o produto celular..... | 84 |
| 4.8 Análises Gerais | 86 |
| 5. CONCLUSÕES | 89 |
| 5.1 Considerações para trabalhos futuros | 91 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 93 |
| ANEXOS | 101 |
| Anexo A – Matriz Grupos | 101 |
| Anexo B – Matriz G1: Comparação dos fatores relacionados ao grupo tempo..... | 101 |
| Anexo C – Matriz G2: Comparação dos fatores relacionados ao grupo custo para o produto monitor..... | 102 |
| Anexo D – Matriz G2: Comparação dos fatores relacionados ao grupo custo para o produto celular..... | 103 |

1. INTRODUÇÃO

Com a competitividade global, os produtos começaram a ser fabricados longe dos seus locais de consumo, pois para atrair empresas produtoras os governos têm concedido alguns incentivos, como isenções fiscais, por exemplo. Além disso, as empresas preferem instalar seus centros produtivos em locais onde a mão-de-obra é barata e matéria-prima acessível. Dessa forma, para que o produto chegue ao cliente final, esteja ele no Brasil ou no exterior, é imprescindível que os meios de transporte sejam cada vez mais eficientes, pois eles auxiliam no desenvolvimento e crescimento de economias e mercados.

O setor de transportes interfere diretamente na produção e circulação de bens, na geração de empregos e no desenvolvimento econômico em geral, e para que o seu funcionamento seja feito de forma eficiente é necessário a integração entre as regiões produtoras e consumidoras, com baixos custos e em tempo aceitável (MARTINS, 2005).

Segundo Oliveira e Correia (2010), a evolução do comércio mundial está diretamente relacionada com a evolução dos sistemas logísticos. O constante processo de globalização tem promovido uma internacionalização da produção, o que só é possível a partir da implantação de um sistema logístico que integre eficaz e economicamente as regiões.

Na segunda metade do século XX, o desenvolvimento econômico brasileiro foi favorecido pelo grande volume de investimentos aplicado ao setor de transportes, principalmente no que se refere a malha rodoviária do país.

No entanto, segundo Goldenstein *et al.* (2006), as más condições das estradas traduzem-se em aumento de custos operacionais, com gastos adicionais de combustíveis e de manutenção, além de acarretarem tempos maiores de viagem e elevados índices de acidentes.

De acordo com o relatório publicado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT (2011b), “*o transporte é um dos fatores essenciais para as atividades econômicas, industriais e de comércio exterior, contribuindo para o crescimento econômico, desenvolvimento da economia e expansão dos países*”.

A importância das relações entre o comércio exterior e o desenvolvimento econômico do Brasil já foi bastante abordado em vários estudos, nos quais se verifica o desenvolvimento de economias regionais em decorrência das exportações de açúcar, café, soja, entre outras. No entanto, esses estudos retratam somente a exportação de *commodities* e poucos são os trabalhos sobre produtos manufaturados.

No caso de produtos manufaturados, e em particular a manufatura eletrônica, o processo produtivo tem sido influenciado pela expansão da competição global, por mudanças

nos mercados tecnológicos e pelo aumento da complexidade e incerteza do ambiente competitivo. Dessa forma, além de se preocupar com os custos, os fabricantes devem se preocupar, também, com a confiabilidade dos produtos, a agilidade na entrega e na capacidade de inovação (SELLITTO e WALTER, 2006).

Ao planejar a movimentação da mercadoria pela cadeia de distribuição física internacional, deve ser verificado o modal de transporte mais adequado para conduzir o produto até destino final, levando em consideração as características físicas do modal e todas as rotas possíveis, estudando os modais mais vantajosos em cada percurso (FREITAS, 2004)

Demaria (2004) afirma que no comércio exterior, que em geral contempla maiores distâncias a serem percorridas e a participação de detalhes adicionais ao transporte interno, a escolha do modo de transporte a ser utilizado não deve ser baseada exclusivamente na comparação entre tarifas de frete, mas sim em análise mais ampla, que considere as variáveis que estão ligadas a cada modalidade, pois a escolha do modal a ser utilizado na distribuição internacional das mercadorias é ponto essencial e de suma importância para a criação e desenvolvimento de uma logística adequada.

A competição existente entre os modais de transporte, na qual cada um procurava explorar suas vantagens, incentivou a formação de sistemas de transportes segmentados e desconectados. Porém, com o passar do tempo e com o desenvolvimento de pesquisas científicas, verificou-se que a utilização de diversos modais de transporte integrados trazia benefícios à eficiência do sistema de transporte (TEIXEIRA, 2007).

As deficiências estruturais de transporte, somadas aos custos elevados geram um conjunto de fatores altamente desfavoráveis para a competitividade dos produtos nacionais, o que dificulta o crescimento econômico sustentável (GONÇALVES, 2007).

Dessa forma, o conhecimento sobre os diversos tipos de modais é indispensável quando se trata de produtos destinados à exportação, pois de posse dessas informações é possível usar racionalmente os meios de transporte, efetuando as combinações mais rentáveis e permitir que o produto seja competitivo no mercado externo.

Dentro desse contexto, o transporte multimodal se apresenta como um dos meios mais efetivos para reduzir os custos relacionados ao transporte e conseqüentemente os custos de exportação, melhorando a competitividade das empresas (AMARAL, 2004).

Sendo assim, a implementação do sistema multimodal é uma prioridade para vários países, uma vez que as vantagens competitivas deste sistema são reconhecidas internacionalmente.

Os recentes cenários do setor de transporte, tanto na Europa, quanto nos Estados Unidos mostram mudanças significativas em relação ao transporte de cargas. Por um lado o uso do transporte multimodal está aumentando, em esforço para se obter a maior eficiência. Por outro lado existem questões associadas à qualidade e sustentabilidade dos meios de transporte e seus impactos sobre o meio ambiente.

Já nos países em desenvolvimento esse cenário é bem diferente, pois falta planejamento e disponibilidade de transporte multimodal, dentre outros problemas enfrentados (PORTUGAL, *et al*, 2011).

De acordo com Novaes (2007) a rede de transporte multimodal oferece uma flexibilidade modal (utilizada sempre que houver um elenco de alternativas disponíveis) e uma flexibilidade temporal (mudança de programação do modal). Ao juntar essas flexibilidades, o embarcador obtém vantagens, pois pode lançar mão dos modos de maior confiabilidade, mas de menor custo, refazendo suas programações sempre que necessário.

As opções de combinação de transporte são muitas, no entanto, muitos fatores devem ser considerados para se definir qual o melhor modal ou combinação para cada tipo de transporte. Além dos custos, que é o principal, outra variável importante é o tempo, pois ele interfere diretamente na escolha de um modal e na satisfação do cliente.

Dessa forma, o transporte multimodal tornou-se foco dos estudos na área de transporte, visando a diversificação dos modais de transportes e a otimização das rotas, pois eles estão conectados e influenciam um ao outro, além disso, essas variáveis afetam diretamente os custos e o tempo de transporte (KAI *et al.*, 2009).

Para definir quais são as melhores opções é preciso testar os cenários possíveis, o que, se fosse feito de forma real, custaria muito caro. Para resolver essa questão, a metodologia de modelagem e simulação tem sido utilizada em estudos de transporte multimodal, pois permite a construção e a simulação de cenários com dados reais, possibilitando analisar o que aconteceria com mudanças nas rotas.

Outro método muito utilizado para auxiliar os tomadores de decisão em problemas de sistemas reais é *Analytic Hierarchy Process* (AHP). No campo de transportes, a decisão multicritério auxilia no processo de tomada de decisão porque possuem diversidade de componentes, que são considerados no planejamento de qualquer projeto ou atividade (LIMA, 2007).

Por esse motivo, a análise multicritério ajuda na escolha da combinação dos modais, pois permite a comparação das várias alternativas simuladas. As análises consideram múltiplos critérios e auxiliam na seleção da melhor alternativa, dentre todas as possíveis.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente estudo é analisar as alternativas que utilizam o transporte multimodal, simulando as melhores opções, considerando custo, tempo e os diversos modais, para movimentar cargas manufaturadas com destino à exportação.

Para atingir esse objetivo, considera-se como objetivos secundários:

- Analisar as nomenclaturas utilizadas nos trabalhos sobre transporte multimodal e intermodal;
- Identificar as principais alternativas existentes para transporte de manufatura destinada à exportação;
- Construir e comparar os cenários de rotas possíveis;
- Analisar e propor alternativas de transporte com a utilização da multimodalidade;
- Auxiliar na tomada de decisão, para escolha da melhor opção de transporte, dentre os cenários simulados;
- Identificar opções para investimento em expansão de infraestrutura.

1.2 Justificativa

Dentre as soluções estudadas, visando otimizar os meios de transporte, estão as que envolvem o estímulo à prática do transporte intermodal, na busca do uso mais racional dos meios de transporte, através da combinação de vários modos para transferência de produtos de uma origem para um destino final (TEIXEIRA, 2007). No entanto, no Brasil, a grande maioria dos trabalhos é realizada na área de transporte multimodal¹ de *commodities*.

Verma e Verter (2010) afirmam que o transporte intermodal experimentou um fenomenal crescimento ao longo das últimas duas décadas, e continua a ser um dos segmentos com maior crescimento do setor de transporte.

A política europeia de transportes, por exemplo, tem se concentrado em soluções de transportes sustentáveis, dentre os quais se destaca o transporte intermodal, pois o grande volume de transporte rodoviário piora o congestionamento e aumenta os problemas ambientais, por isso um dos objetivos da política comum dos transportes é o de restabelecer o equilíbrio entre os modais e desenvolver a intermodalidade (LIMBOURG e JOURQUIN, 2008).

¹ As definições e as divergências quanto aos termos multimodalidade e intermodalidade serão discutidos no item 2.2 da presente dissertação.

A multimodalidade é muitas vezes associada às atividades do comércio internacional, pois fornecem o desafio de fornecimento adequado de transporte e armazenamento, entregando os produtos em tempo hábil e a um custo aceitável (MEIXELL e NORBIS, 2008).

Uma das formas de se manter a competitividade brasileira no mercado externo é através da redução dos custos, principalmente os relacionados ao transporte, terminais e armazenamento, pois as exportações brasileiras vêm desempenhando um importante papel no fornecimento de divisas e no aumento da renda doméstica, gerando empregos e melhoria no parque industrial, resultando por sua vez em maior competitividade nos produtos brasileiros devido ao enfrentamento da concorrência internacional (FREITAS, 2004).

Diante do exposto, o presente trabalho justifica-se pela investigação e análise das opções de transporte multimodal de produtos manufaturados destinados à exportação, verificando os custos e o tempo dessas alternativas, sugerindo, assim, a utilização da multimodalidade pelas empresas produtoras de manufatura.

1.3 Limitações do Trabalho

Alguns fatores limitaram o desenvolvimento dessa pesquisa, sendo eles:

- Imprecisão dos dados referentes às velocidades praticadas nas rodovias, uma vez que as informações foram obtidas junto a empresas de transporte e não coletadas em campo com auxílio do aparelho de GPS;
- Não simulação das rotas em seu trajeto internacional. Os cenários construídos e simulados têm como destino final o porto ou aeroporto utilizado e não o cliente final. Dessa forma não são simulados os valores referentes a tempo e custo do trajeto internacional, não podendo, assim, comparar os cenários que utilizam a multimodalidade com aqueles que utilizam somente o transporte rodoviário;
- Ao se optar por utilizar a comparação par a par, baseada na opinião dos especialistas da área de logística, algumas das pessoas contatadas não retornaram as planilhas, o que reduziu o número de respostas, limitando-as a seis.

1.4 Estrutura do Trabalho

Essa dissertação está estruturada cinco capítulos, sendo o primeiro a presente introdução.

O capítulo 2 traz o referencial teórico dos assuntos abordados nesse estudo. Nele são apresentados o sistema de transporte multimodal brasileiro, ressaltando a sua importância para

o desenvolvimento do país, suas definições, legislações, entraves à sua implantação e a evolução da exportação de manufatura no Brasil, além de apresentar conceitos do método proposto para análise dos dados.

O capítulo 3 contém a classificação da pesquisa e uma explicação detalhada da sua aplicação. No capítulo 4 são feitas as análises dos cenários simulados e dos resultados obtidos.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões obtidas nessa dissertação e algumas sugestões para trabalhos futuros. Por último são apresentadas as referências bibliográficas utilizadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo tem por objetivo apresentar os temas trabalhados nesta dissertação. Inicialmente, são apresentados os conceitos relacionados ao transporte multimodal de cargas no Brasil e no mundo, contendo as características dos modais, as vantagens, a legislação e os entraves na utilização desse tipo de transporte. Em seguida, é contextualizada a evolução da exportação de manufatura no Brasil, mostrando a diversificação dos mercados e o impacto da crise mundial no setor. Por último, é detalhado o método de pesquisa utilizado.

2.1 Transporte de cargas no Brasil

De acordo com Ballou (2006) o transporte normalmente representa o elemento mais importante em termos de custos logísticos para inúmeras empresas. A movimentação de cargas absorve de um a dois terços dos custos logísticos totais, por isso, sistemas de transportes precariamente desenvolvidos limitam a distribuição dos produtos próximos a sua área de produção.

Segundo Martins e Campos (2001), no Brasil, mais da metade do transporte de cargas é feito pelas rodovias. O transporte rodoviário é o menos produtivo dos modais em termos de carga por hora de operador e seu custo de mão-de-obra é elevado. Como a maior parte do transporte é feito por rodovias a matriz de transporte brasileira é desbalanceada, o que pode ser observado na Figura 2.1.

De acordo com os dados apresentados, existe um grande volume de cargas transportado por rodovias. No entanto, houve uma redução, entre os anos de 1996 e 2007, de 5,68%, o que demonstra uma procura por outros modais, como o ferroviário, por exemplo, que cresceu aproximadamente 5% no mesmo período.

Esse crescimento iniciou-se após as concessões feitas pelo governo federal para empresas privadas, as quais têm recuperado e até investido na melhoria do sistema ferroviário brasileiro, aumentando, assim, o volume transportado por esse modal.

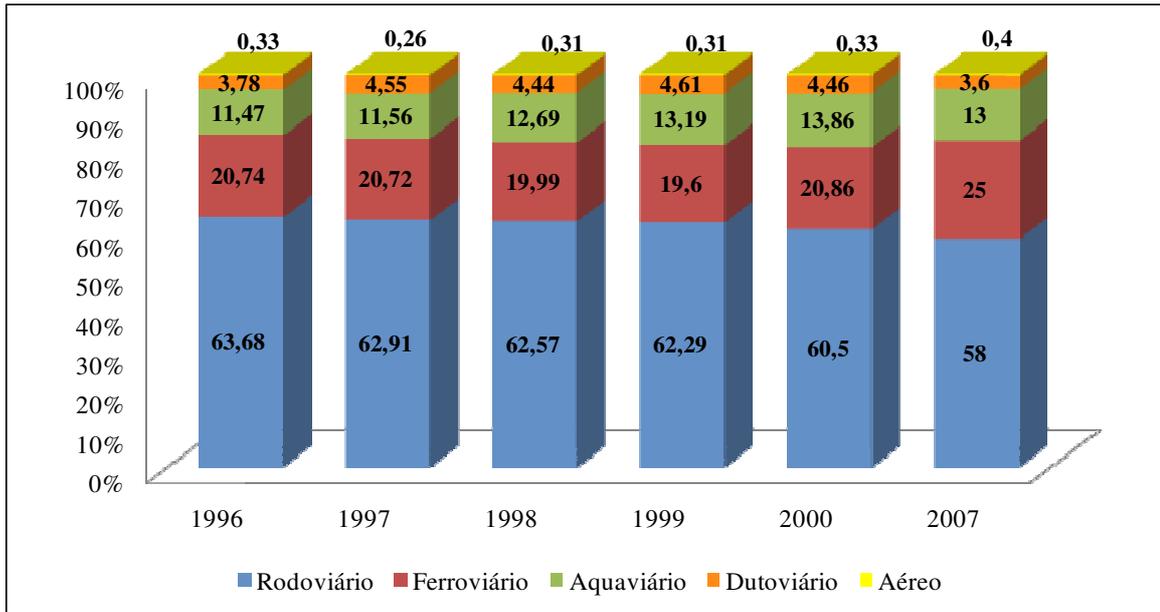


Figura 2.1 - Matriz de Transporte Brasileira

Fonte: NTC/Logística (2010)

Houve, também, um pequeno avanço no volume de transporte aquaviário, depois da aprovação da Lei de Modernização dos Portos. Esse volume ainda é pequeno, embora essa seja uma opção para ocupar um nicho de mercado explorado em grande parte pelo transporte rodoviário (TEIXEIRA, 2007).

Ao comparar a matriz de transporte brasileira com as matrizes de países de grande extensão territorial, conforme apresentado na Figura 2.2, fica ainda mais evidente a necessidade de investimentos para equilibrar os modais de transporte.

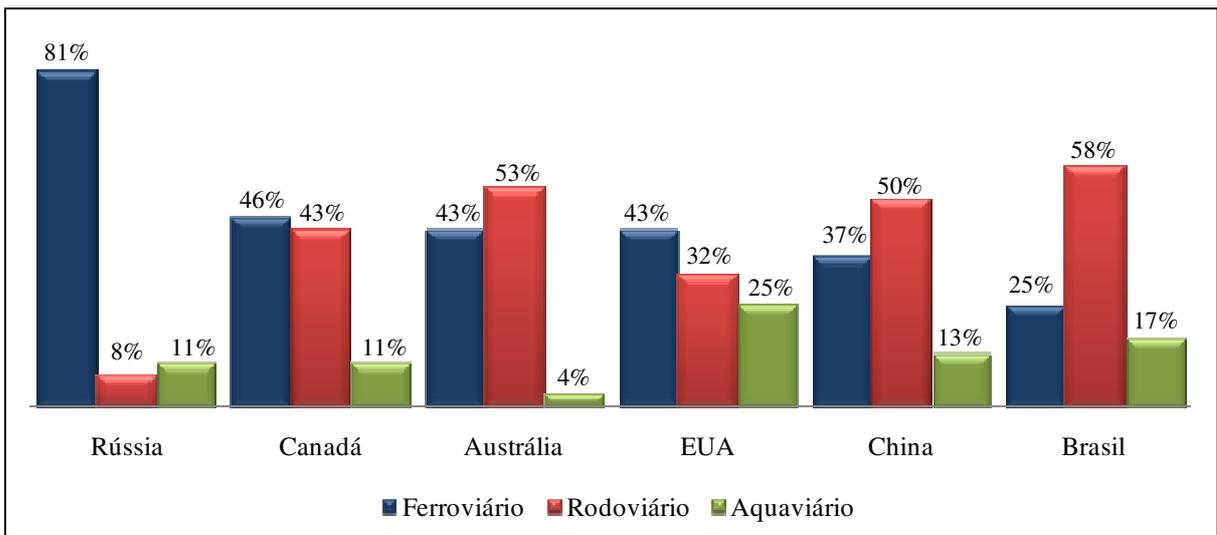


Figura 2.2 - Comparação de matrizes de transportes

Fonte: ANTF (2011)

Segundo dados divulgados pelo Ministério dos Transportes, através do Plano Nacional de Logística e Transporte (PNLT), com os investimentos em infraestrutura de transporte a previsão é amenizar o desbalanceamento da matriz de transportes brasileira até o ano de 2025, como apresenta a Figura 2.3. A previsão é de que haja redução de 58% de participação do transporte rodoviário para 30%, com crescimento de 25% do transporte ferroviário para 35%.

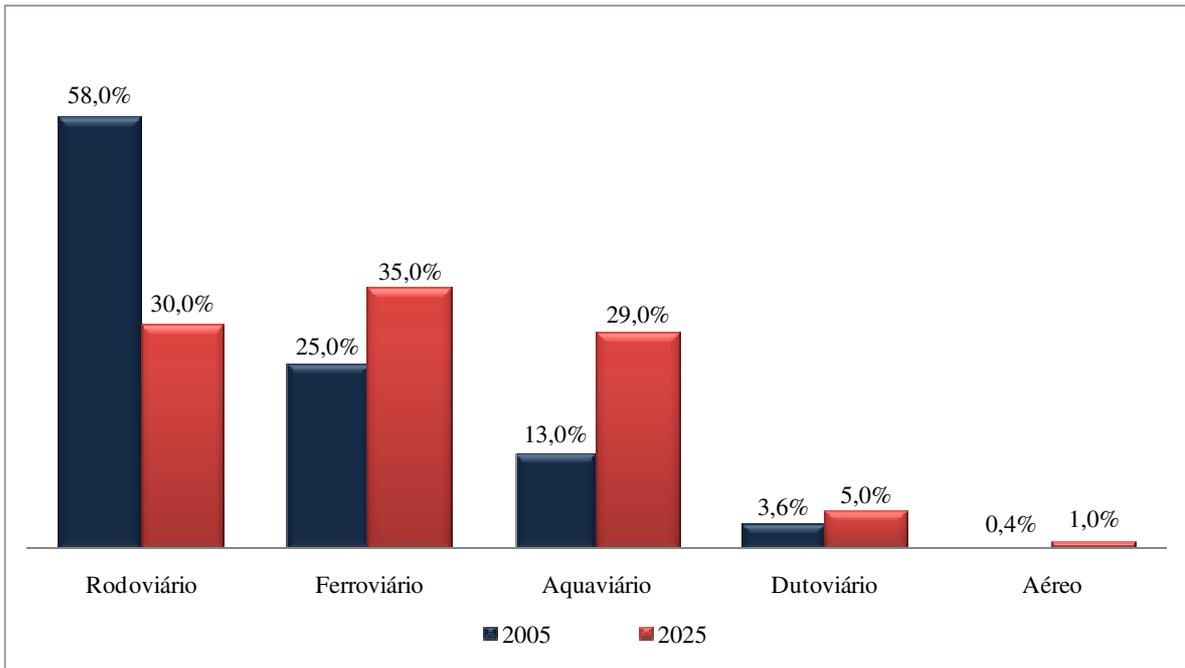


Figura 2.3 - Mudanças previstas na matriz de transportes do Brasil

Fonte: ANTF (2011)

Com o equilíbrio da matriz de transporte, a implantação da multimodalidade será facilitada, pois a oferta dos modais de transporte será maior e mais diversificada. Para melhor compreender o transporte multimodal, a seção a seguir contextualizará como os pesquisadores abordam esse tema, mostrando as diferentes nomenclaturas dadas a esse tipo de transporte.

2.2 Multimodalidade x Intermodalidade

Não somente no Brasil, como também no exterior, é comum encontrar trabalhos que utilizam os termos multimodalidade e intermodalidade como sinônimos para definir o transporte feito por mais de um modal. No entanto, existe uma grande divergência sobre esse tema, pois muitos pesquisadores dizem haver diferenças entre os termos.

Nos trabalhos pesquisados, o único consenso por parte dos autores é de que o transporte multimodal/intermodal utiliza mais de um modo de transporte para movimentar cargas da origem até o destino, como demonstra a Figura 2.4.

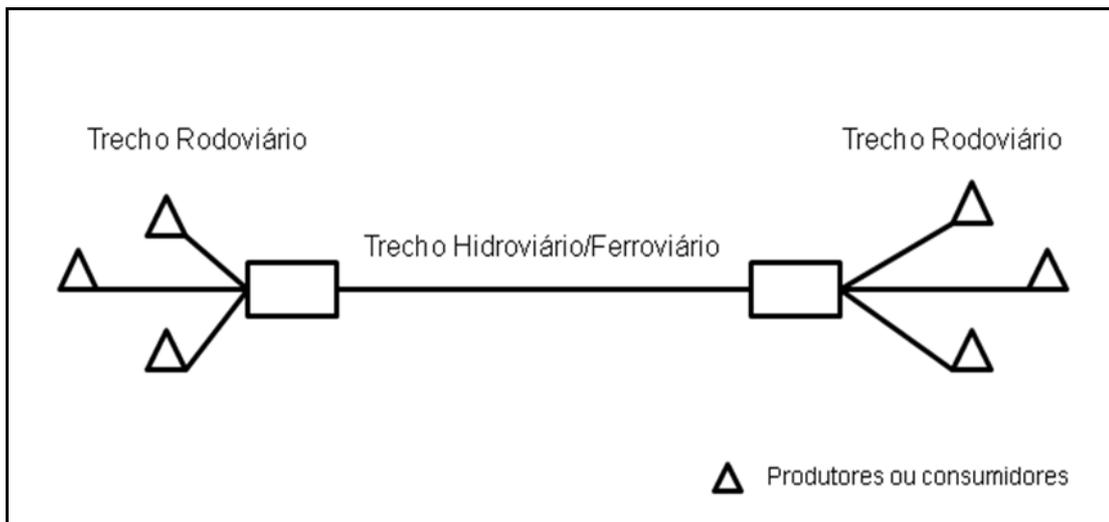


Figura 2.4 - Representação típica do transporte multimodal/intermodal

Fonte: Ferreira *et al.* (2008)

A definição atual e oficial adotada no Brasil é a Lei 9.611 de 19 de fevereiro de 1998, a qual diz que o “*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 (OTM). O transporte multimodal compreende, além do transporte em si, os serviços de coleta, unitização, desunitização, movimentação, armazenagem e entrega da 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*” (ANTT, 2011a).

Já o termo transporte intermodal não possui mais base jurídica, pois a legislação que o definiu, a Lei 6.288/75, foi revogada. Embora a Lei tenha sido revogada, “*o conceito de Transporte Intermodal não foi substituído pelo de Transporte Multimodal, pois há diferenças conceituais entre os dois termos*” (ANTT, 2011a).

De acordo com o relatório da ANTT (2011b), “*a operação intermodal tem como característica o compartilhamento de responsabilidade no decorrer de cada trecho ou trajeto realizado e na emissão de diversos documentos, um para cada modo de transporte a ser utilizado durante o transporte. Já a operação multimodal, para assim ser conceituada, deve conter particularidades próprias, dentre as quais se observa: a presença de um agente único que assuma a responsabilidade sob a carga durante todo o percurso, independente do modo que seja realizado o transporte e na emissão de um único conhecimento de transporte, que acompanhará a carga desde a origem até o seu destino final*”.

Novaes (2007) utiliza o termo intermodalidade para definir a utilização de dois ou mais modais em simples integrações físicas e operacionais, e utiliza a terminologia transporte multimodal, caracterizando-a como a inter-relação não somente física, mas também a integração de várias outras atividades do processo, tais como: frete, programação e responsabilidade sobre a carga.

De acordo com Carvalho (2004) a intermodalidade utiliza de forma sequenciada duas ou mais formas de transporte, com um conhecimento diferente para cada um, enquanto a multimodalidade utiliza somente um conhecimento para realizar o transporte da origem ao destino final, atividade essa atribuída a um operador de cargas. Ainda de acordo com o autor, a intermodalidade diferencia-se da multimodalidade devido a emissão individual do documento de transporte para cada modal e a divisão de responsabilidades entre os transportadores.

Martins (2005) também afirma que a intermodalidade é caracterizada pela emissão individual de documento de transporte para cada modal, bem como a divisão de responsabilidade entre os transportadores. Na multimodalidade existe a emissão de apenas um documento de transporte, cobrindo o trajeto total. Por essa simplificação burocrática, a multimodalidade é uma forma mais eficiente de transporte.

Para Yang *et al.* (2011) o transporte intermodal de mercadorias é um termo usado para descrever o movimento de bens em vários modos de transporte, sucessivamente, sem qualquer manipulação das próprias mercadorias, durante as transferências entre os modos.

Segundo Meng e Wang (2011) o transporte intermodal de cargas envolve vários modos de transporte, como ferroviário, rodoviário e marítimo, o que aliado ao *container* fornece uma solução econômica para a entrega da carga de longa distância, seja ela internacional ou transcontinental.

Já Hanaoka e Refmi (2011) definem o transporte intermodal e multimodal da mesma forma, como aquele que usa mais de um modo de transporte para entrega de produtos da origem ao destino. Os autores ressaltam ainda que esse tipo de transporte tem sido estudado em detalhes por políticos e planejadores de transporte que tem o intuito de realizar várias iniciativas para promover o conceito e a implementação do transporte intermodal/multimodal.

Nunes (2007) descreve o transporte multimodal como a contratação de apenas um operador para o transporte da carga, enquanto no transporte intermodal o expedidor necessita contratar vários operadores para formar a sua cadeia de transporte, como mostra a Figura 2.5.

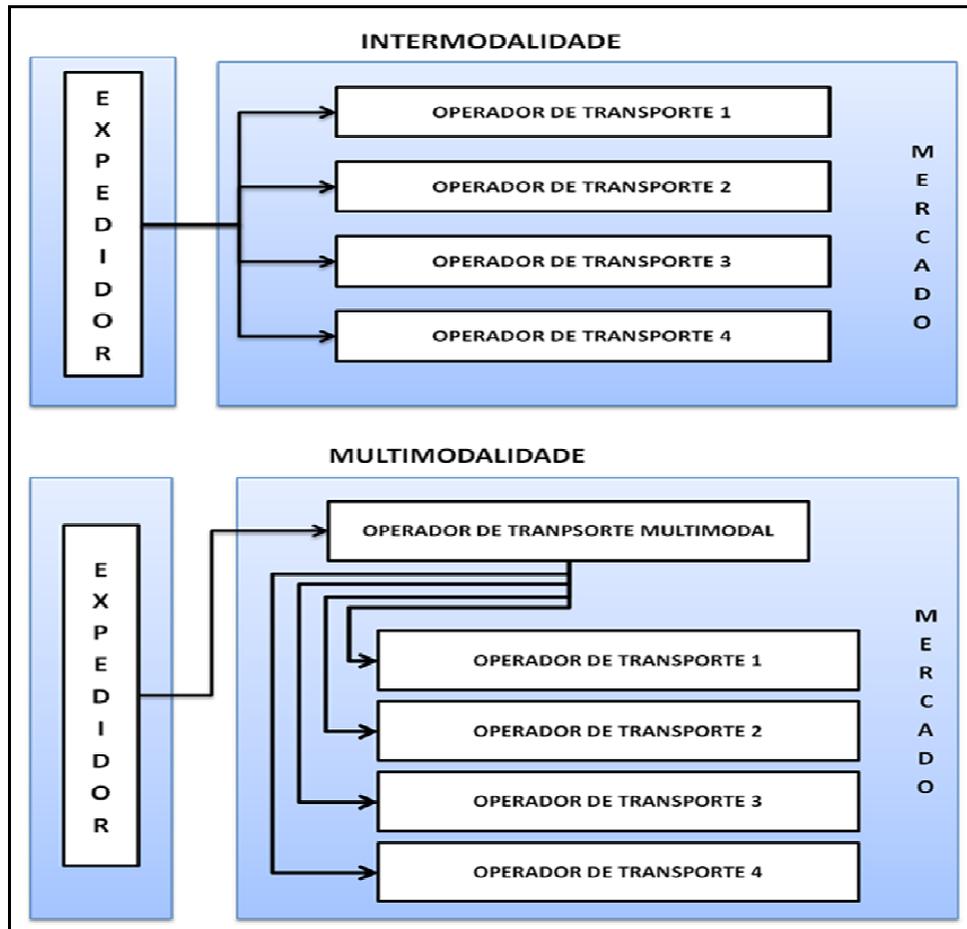


Figura 2.5 - Comparativo de recorrência ao mercado na intermodalidade e multimodalidade
 Fonte: Nunes (2007)

Os autores Ishfaq e Sox (2011), ao contrário de todos os demais autores pesquisados, não concordam que o transporte multimodal utiliza dois ou mais modais de transporte para a movimentação de cargas. Para os autores, o transporte multimodal refere-se à simples escolha de um modo de transporte dentre todos os modais disponíveis, enquanto o transporte intermodal abrange a integração de dois ou mais modais de transporte para entrega de produtos da origem ao destino.

De acordo com Rodrigues (2010), para que um transporte seja caracterizado como multimodal é necessário:

- Ser realizado por pelo menos dois modos de transporte;
- Haver um único responsável perante o dono da carga;
- Haver um único contrato de transporte entre o transportador e o dono da mercadoria;
- Existir um único conhecimento (*multimodal bill of lading*) para todo o percurso;
- Uso de cargas unitizadas indivisíveis;

- Inspeções fiscais apenas na origem e no destino.

Bontekoning *et al.* (2004) questionam a falta de uma definição global sobre o transporte intermodal. Eles dizem, ainda, que mesmo existindo uma proposta feita na Conferência Européia de Ministros dos Transportes e das Nações Unidas, muitos autores não fazem uso dessa definição, pois esses autores preferem usar uma definição que reflete o escopo de suas pesquisas. Consequentemente, isso leva a ter várias definições nessa área.

Ainda de acordo com os autores, a situação para o campo de pesquisa intermodal só vai melhorar, tanto na prática, como na formulação de política de transportes, quando houver um consenso sobre suas definições e conceitos e sobre os problemas a serem investigados, bem como a metodologia a ser adotada.

Para a presente dissertação será adotado o termo multimodalidade, em virtude da legislação vigente no país e porque a empresa, objeto do presente estudo, contrata um operador de transporte multimodal para efetuar o transporte de seus produtos, com emissão de somente um documento para todos os modais de transporte.

No entanto, os termos utilizados pelos pesquisadores em seus estudos será mantido, para respeitar a escolha dos autores, para demonstrar que não há consenso sobre a sua definição e para ressaltar a importância de uma definição padrão para o transporte de cargas que utiliza mais de um modal em sua movimentação.

2.3 Análise de pesquisas em transporte multimodal

Muitas pesquisas têm sido realizadas na área de transporte multimodal, nacional e internacionalmente, visando diminuir os custos envolvidos na movimentação de produtos e aumentar a eficiência do processo de transporte.

O estudo publicado por Bontekoning *et al.* (2004) é dos mais citados pelos pesquisadores na área de transporte intermodal ou multimodal. Para eles, o desenvolvimento do setor tem sido acompanhado por um aumento no número de pesquisas e publicações nessa área. Na visão dos autores, o transporte intermodal é um sistema complexo que tem características próprias que o distingue de outros sistemas de transporte.

Os números mais significativos desses estudos são encontrados nos Estados Unidos, devido ao alto nível de desenvolvimento dos modais de transporte, na China, em virtude do seu desenvolvimento e crescimento acentuado nos últimos anos e na Europa, pois a *European Union Commission* tem publicado estratégias e ações a serem adotadas para tornar o transporte multimodal mais eficiente e sustentável.

Na Europa, o transporte intermodal tem sido objeto de planejamento político por anos, enquanto nos Estados Unidos esse ainda é considerado um objetivo novo.

Nos Estados Unidos o problema é como integrar a política de transporte intermodal de mercadorias com os programas de governos federais, estaduais e municipais, uma vez que o crescimento do transporte intermodal de cargas tem sido desenvolvido no setor privado. No entanto, o setor público está olhando para o transporte intermodal como um meio de controlar os custos do governo, reduzir a poluição e estimular o emprego local (BONTEKONING *et al.*, 2004).

Já na Europa, particularmente nos países que pertencem à Comunidade Européia, todos os níveis de governo têm apoiado o planejamento de políticas de transporte e desenvolvimento do programa já há vários anos (BONTEKONING *et al.*, 2004).

No Brasil, os estudos na área de transporte multimodal têm crescido nos últimos anos, demonstrando, também, o interesse pelo tema. No entanto, a grande maioria dos estudos utiliza o transporte multimodal para movimentação de *commodities* e não de manufatura.

Em pesquisa realizada às bases *Emerald* e *Science Direct* foram identificados os artigos que tivessem as palavras transporte intermodal ou multimodal no resumo. O resultado dessa busca é apresentado na Figura 2.6.

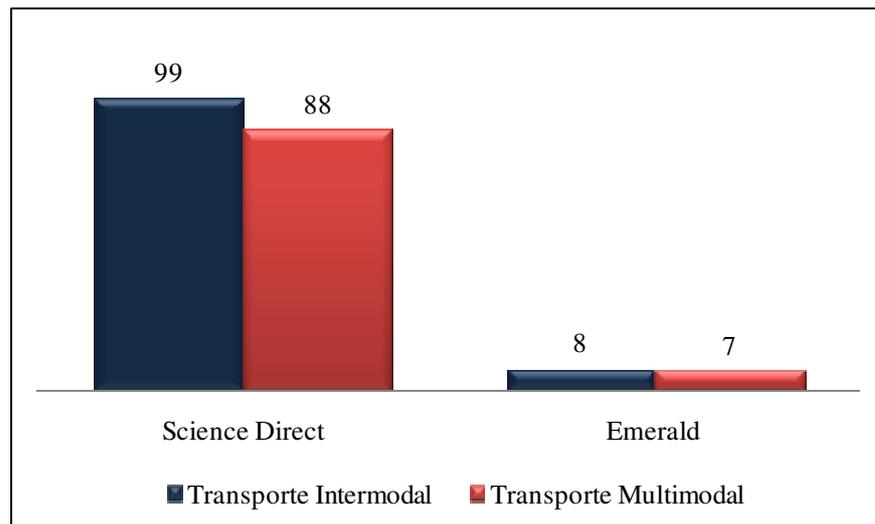


Figura 2.6 - Pesquisa de referencial teórico

Para melhor visualizar a evolução do tema nos últimos cinco anos foram elaborados dois gráficos mostrando o número de publicações por ano em cada uma das bases pesquisadas. Os resultados podem ser observados nas Figuras 2.7 e 2.8.

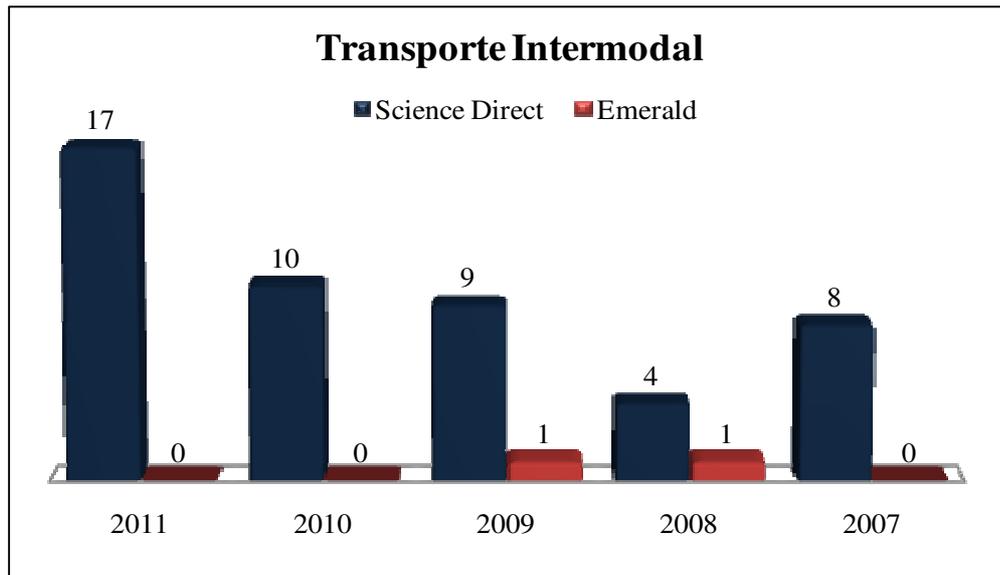


Figura 2.7 - Pesquisa de transporte intermodal

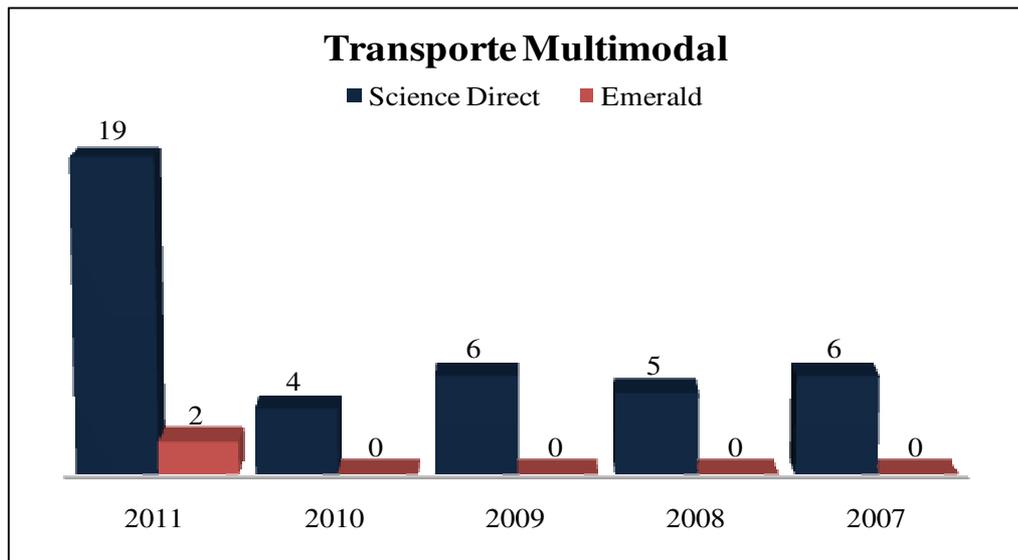


Figura 2.8 - Pesquisa transporte multimodal

Analisando os gráficos é possível identificar que houve aumento das publicações nos últimos anos, o que demonstra um crescente interesse dos pesquisadores pelo tema. Além disso, verifica-se a indefinição na adoção de uma nomenclatura para esse tipo de transporte.

Como o estudo refere-se ao sistema de transporte multimodal no Brasil, a banco de teses e dissertações da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) também foi consultado e os resultados são apresentados na Figura 2.9.

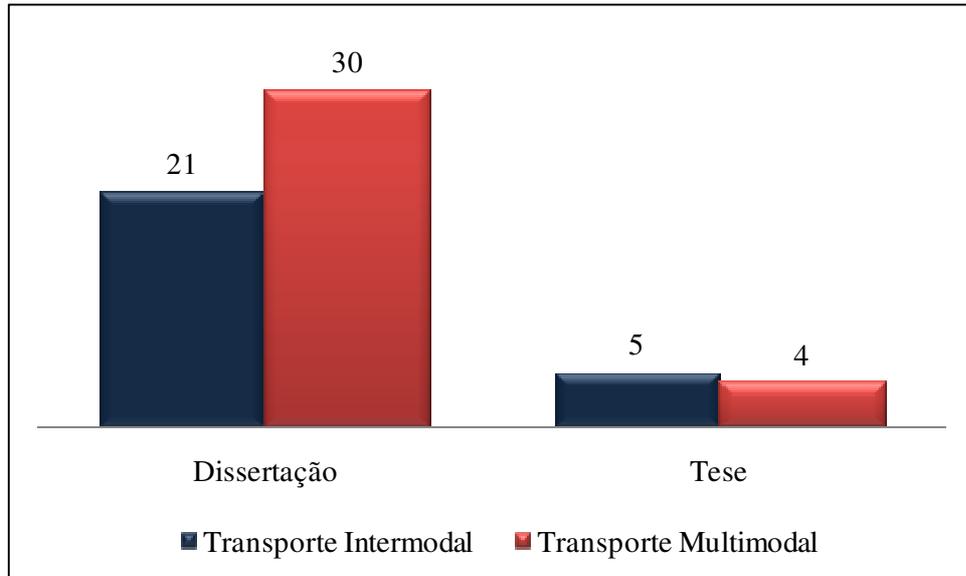


Figura 2.9 - Pesquisa de referencial teórico da CAPES

É possível verificar que o estudo desse tipo de transporte tem despertado o interesse de pesquisadores de mestrado. No entanto, o número de estudos em doutorado ainda é pequeno. Outro fator a ser observado é o equilíbrio na utilização dos termos multimodal e intermodal, o que reforça a necessidade em se definir adequadamente a nomenclatura a ser utilizada nesse tipo de transporte.

Para exemplificar como os pesquisadores tem abordado esse assunto em seus trabalhos, na próxima seção são apresentados alguns estudos realizados no exterior e no Brasil.

2.4 Estudos internacionais e nacionais em transporte multimodal

Essa seção apresenta alguns estudos pesquisados, os quais buscam identificar os benefícios obtidos com a utilização do transporte multimodal de cargas.

Daskin e Melkote (2000) investigaram um modal que, simultaneamente, otimiza locais de instalação e o modelo de redes de transporte. A questão de alocação de recursos entre as instalações e ligações é investigado, e a análise de sensibilidade detalhada gera conhecimentos sobre a utilidade do modal para ajudar no orçamento e decisões de planejamento.

Arnold *et al.* (2004) desenvolveram um estudo para resolver o problema de localização de um terminal rodo-ferroviário de *containers* na península Ibérica e verificar os impactos dessa localização na utilização do sistema multimodal rodo-ferroviário na Europa.

Ballis e Golias (2004) baseados na prioridade da União Européia em criar uma rede consolidada de transporte intermodal de cargas, desenvolveram um modelo de simulação para avaliar o fluxo de cargas, o desempenho de equipamentos e a concepção de terminais rodo-ferroviários com o uso dos avanços tecnológicos disponíveis no setor.

Kreutzberger (2008) investigou a distância e o tempo como fatores de competitividade do transporte intermodal. Analisou a relevância dos fatores, avaliou os modelos de tempo na prática, comparou distâncias e tempos em redes alternativas. A análise incidiu sobre o transporte intermodal na Europa, especialmente na combinação do modal rodo-ferroviário. No entanto, o estudo não considerou os custos nos resultados obtidos na análise de distância e tempo.

Xinlian Xie (2009) desenvolveu um sistema para integrar transporte entre trens e balsas, com o intuito de diminuir o gargalo existente e aumentar a eficiência do transporte terra-mar.

Considerando que a seleção de uma rota de transporte multimodal tem ênfase no custo ou no tempo mínimo, utilizando apenas critérios quantitativos, sem critérios de combinação qualitativa no modelo, Meethom e Kengpol (2009) desenvolveram modelos de apoio à tomada de decisão utilizando o transporte multimodal entre a origem e o destino para pequenas e médias empresas no setor de logística. Para auxiliar a análise das rotas obtidas no estudo, os autores utilizam a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

Ishfaq e Sox (2010) fazem uma análise centrada nos aspectos financeiros, operacionais e de serviço das redes logísticas intermodais, buscando identificar o benefício econômico obtido usando embarques intermodais em uma rede logística. O custo de transporte, o custo de conectividade modal e a escolha do modal são analisados. Os resultados obtidos mostram que com a utilização do transporte intermodal houve redução no custo de transporte. No entanto, o custo de conectividade e o tempo de serviço limitam os benefícios obtidos com a utilização do transporte intermodal.

Macharis *et al.* (2010) apresentam um estudo dos impactos do aumento do preço do combustível na área de mercado de transporte intermodal. Em seu estudo eles pretendiam determinar se um aumento dos preços dos combustíveis é suficiente para aumentar a área de mercado do transporte intermodal para o mesmo grau que alcançaria por estímulos de instrumentos políticos. Para tanto, vários cenários de preços de combustível foram analisados a fim de verificar o impacto da evolução de diferentes preços no do transporte rodoviário em relação ao transporte intermodal na Bélgica.

Os autores identificaram que o aumento do preço do combustível é significativo na escolha do tipo de transporte a ser utilizado, pois os resultados diferem dependendo do aumento do combustível. Se o aumento for em pequena escala, o transporte intermodal é menos interessante que o transporte rodoviário, porém se o aumento for em maior escala, o transporte intermodal passa a ser mais vantajoso.

Yang *et al.* (2011) apresentam um modelo de otimização de rede intermodal para analisar a competitividade das rotas de transporte alternativo de dois estados chineses para quatro destinos na Índia. O modelo proposto foi construído sobre os princípios da programação e teve como objetivo minimizar os custos de transporte, tempo em trânsito e variabilidade do tempo em trânsito, assegurando a continuidade do fluxo e a compatibilidade entre os nós de trânsito ferroviário, rodoviário, marítimo e aéreo.

Os autores adotam um canal virtual que atravessa a Tailândia, como uma rota existente, para mostrar as vantagens tanto para a redução de custos, como para a diminuição do tempo em trânsito na utilização do transporte intermodal entre os dois países. As reduções identificadas são de 10% nos custos totais da operação e de 15% no tempo em trânsito.

Já no Brasil, Rorato (2003) investigou as alternativas de transporte de cargas frigoríficas entre fábricas e centros de distribuição, avaliando as possíveis vantagens econômicas que resultariam do transporte intermodal rodo-hidroviário de *containers* e do uso da combinação de veículo carga.

Demaria (2004) desenvolveu um estudo sobre operadores de transporte multimodal (OTM). Nesse estudo a autora abordou as características mais significativas dos OTM, principalmente em operações de comércio internacional, descrevendo sua origem, relevância e atuação no cenário mundial.

Martins (2005) analisou o comportamento intermodal para o transporte de autopeças de Buenos Aires para o Rio de Janeiro, abrangendo o custo total e os aspectos qualitativos percebidos por profissionais de logística e comércio externo do mercado brasileiro.

Gonçalves (2007) realizou um estudo visando estabelecer quais as rotas de transportes mais econômicas para o escoamento de soja e minérios de ferro e manganês oriundos dos estados do Mato Grosso do Sul com destino à exportação.

Teixeira (2007) estudou as opções de transporte intermodal, econômica e operacionalmente mais atraentes que as atualmente praticadas no transporte de carga geral fracionada em conexões com a região amazônica.

Na grande maioria dos estudos destacados, a preocupação dos autores é identificar quais as melhores alternativas para o transporte de cargas. Para facilitar essa escolha é

necessário conhecer as características de cada modal, bem como os custos envolvidos no processo de transporte. É importante, também, conhecer as combinações existentes no mercado.

2.5 Características dos modais de transporte

A distribuição de produtos, desde a origem até o destino pode ser realizado através de diversos modais separadamente, tais como: rodoviário, ferroviário, aquaviário, aeroviário e dutoviário. No entanto, a empresa distribuidora pode combinar mais de uma modalidade, a fim de agilizar o processo e diminuir os custos do transporte.

Para escolher qual modal será utilizado é preciso observar as características operacionais de cada um. Segundo Ferrari (2006), a escolha do usuário por um ou outro modal se dá através da combinação entre o custo e o nível de serviço necessário para transportar o produto.

Os custos do transporte são fixos e variáveis. O custo fixo é o valor de investimento para que o modal possa entrar em operação. Já o custo variável é o valor para colocar o modal em operação, como gastos na manutenção e de movimentação, por exemplo. O Quadro 2.1 mostra a estrutura de custos para cada modal de transporte.

Quadro 2.1 – Estrutura de custos para cada modal

| Modal | Custo Fixo | Custo Variável |
|--------------|--|---|
| Ferrovário | Custo fixo alto (equipamentos, terminais, vias férreas, etc.) | Custo variável baixo |
| Rodoviário | Custos fixos baixos (rodovias estabelecidas e construídas com fundos públicos) | Custo variável médio (combustível, manutenção, etc.) |
| Aquaviário | Custo fixo médio (navios e equipamentos) | Custo variável baixo (capacidade para transportar grande quantidade de tonelagem) |
| Dutoviário | Custo fixo mais elevado (direito de acesso, construção, requisitos para controle das estações e capacidade de bombeamento) | Custo variável mais baixo (nenhum custo de mão-de-obra de grande importância) |
| Aeroviário | Custo fixo alto (aeronaves, manuseio e sistemas de carga) | Custo variável alto (combustível, mão-de-obra, manutenção) |

Fonte: Nazário (2000)

Cada modal de transporte possuiu características que auxiliam na escolha do qual será utilizado, considerando as necessidades do transportador e o tipo de carga.

O transporte rodoviário adapta-se mais facilmente às variações da demanda, pois as empresas têm facilidade de atuar em uma determinada região, possibilitando que o custo fixo

seja mais estável em relação às alterações de volume. Já os modais hidroviário e ferroviário não possuem tanta flexibilidade de adaptar-se a alterações dos volumes transportados, o que resulta em variação do custo fixo por unidade transportada. O modal aeroviário possui certa flexibilidade, devido à existência de aviões cargueiros, porém a grande maioria da movimentação é feita nos porões dos aviões de passageiros. O sistema dutoviário não possui flexibilidade, pois ele é construído para um volume específico (NAZÁRIO, 2000).

No que se refere a velocidade o transporte aéreo é o que possui maior agilidade para movimentar uma determinada mercadoria entre a origem e o destino final. O transporte rodoviário possui a maior disponibilidade, devido a sua capacidade de entrega porta a porta. O transporte dutoviário é o que possui maior confiabilidade, bem como a maior frequência, pois não existem interferências para a entrega dos produtos. No que se refere à capacidade, o modal aquaviário é a melhor opção (NAZÁRIO, 2000).

Segundo Rodrigues (2010), o transporte ferroviário oferece vantagens na movimentação de grandes quantidades de carga e distâncias superiores a 500 km. Apresenta, ainda, maior segurança, pois possuiu pequenos índices de acidentes e menor incidência de roubos de cargas.

De acordo com Faria (2001) a utilização do transporte rodoviário é recomendada para distâncias menores, em geral na faixa de 200 ou 300 km e para produtos de alto valor agregado ou perecível.

O transporte marítimo é uma boa opção quando se tem uma quantidade razoável a ser transportada e quando o tempo de entrega pode ser maior, sendo uma opção de transporte mais barata. O tempo para carregar e descarregar é particularmente grande para este setor. Por esta razão, produtos a granel e *containers* são mais eficazes quando utilizados com equipamentos mecanizados (TELMA *et al.*, 2005).

A utilização do transporte aéreo é mais vantajosa para distâncias médias e longas, para transporte de mercadorias de alto valor agregado e de produtos perecíveis (CALABREZI, 2005).

O duto só é viável quando existe capacidade de movimentação de grandes volumes. A movimentação nesse modal é lenta, no entanto o sistema pode funcionar ininterruptamente e possuir fluxo contínuo do mesmo tipo de produto, o que justifica a sua viabilidade. (RODRIGUES, 2007).

De acordo com Rodrigues (2010), as vantagens e desvantagens de cada modal, apresentadas no Quadro 2.2, auxiliam na decisão da escolha por um tipo de transporte ou outro.

Quadro 2.2 – Vantagens e desvantagens de cada modal

| Modal | Vantagens | Desvantagens |
|-------------|--|---|
| Rodoviário | <p>Maior disponibilidade de vias de acesso; Possibilita o serviço porta-a-porta; Integra regiões de difícil acesso; Embarques e partidas são mais rápidos; As entregas a curta distância são mais rápidas; Favorece o embarque de pequenos lotes; Facilidade de substituir o veículo em caso de quebra ou acidente; Maior rapidez na entrega.</p> | <p>Maior custo operacional; Menor capacidade de carga; Provoca congestionamentos nas estradas; Desgasta prematuramente a infraestrutura da malha rodoviária.</p> |
| Ferroviário | <p>Capacidade para transportar grandes lotes; Terminais privados junto às unidades produtoras; Fretes baixos crescentes, de acordo com o volume transportado; Baixo consumo energético; Adaptação ferro-rodoviário; Provê estoques em trânsito.</p> | <p>Tempo de viagem demorado; Depende da disponibilidade de material rodante; Baixa flexibilidade de rotas; Alta exposição a furtos.</p> |
| Marítimo | <p>Altíssima eficiência energética; Elevada economia de escala para grandes lotes a longa distância; Possibilita economicamente o tráfego internacional de <i>commodities</i>.</p> | <p>Investimento inicial e custo operacional elevados; Necessidade de grandes frotas modernas; Pressupõe a existência de portos - obras de engenharia e infraestrutura caríssimas; Serviço lento; Os inúmeros manuseios propiciam avarias.</p> |
| Aéreo | <p>Rede diversificada de aeroportos no entorno de grandes metrópoles; Velocidade, eficiência e confiabilidade; Competitividade devido à frequência de vôos, o que permite altos giros de estoque; Movimentação altamente mecanizada, reduzindo o índice de avarias.</p> | <p>Menor capacidade em peso e volume de cargas; Não atende granéis; Custo de capital e fretes elevados; Fortes restrições às cargas perigosas.</p> |

Fonte: Rodrigues (2010)

O autor destaca ainda que as principais variáveis a serem consideradas na escolha do modal são:

- Natureza e característica da mercadoria;
- Tamanho do lote;
- Restrições dos modais;
- Disponibilidade e frequência do transporte;
- Tempo em trânsito;

- Valor do frete;
- Índice de faltas e/ou avarias;
- Nível de serviço prestado.

No que se refere às combinações, Ballou (2006) afirma que as combinações de serviços intermodais possíveis são: trem-caminhão; trem-navio; trem-duto; caminhão-avião; navio-avião; caminhão-navio; caminhão-duto; navio-duto; avião-duto. Porém nem todas essas combinações são praticadas.

Para facilitar a escolha dos modais e quais as melhores combinações são as mais adequadas é preciso realizar experimentos dessas combinações, o que seria muito caro, se fosse feito em sistemas reais. Atualmente, esses experimentos podem ser realizados através de simulação.

Além da dificuldade em identificar quais as melhores combinações nos sistemas reais, existem ainda entraves quanto à implantação ao transporte multimodal.

2.6 Principais entraves para a implantação do transporte multimodal no Brasil

O Brasil possui vários entraves para a implantação do transporte multimodal em seu território. Dentre esses entraves, os que estão relacionados à infraestrutura dos modais e aos problemas burocráticos são os que possuem maior relevância.

De acordo com Novaes *et al.* (2006) “*o setor de transporte de carga brasileiro atravessa um período um tanto quanto paradoxal. Se, por um lado, em virtude dos processos de privatização, houve a revitalização parcial dos sistemas ferroviário e portuário, por outro, as carências inerentes à infraestrutura de transporte ainda são significativas, e aumentam proporcionalmente ao crescimento econômico, tornando-se um entrave à distribuição eficiente de produtos no mercado interno e à competitividade do país no mercado externo*”.

Rodrigues (2007) afirma que a falta de investimentos em infraestrutura de transporte, armazenamento e distribuição, aliada à ineficiência portuária oneram os custos globais de transporte, reduzindo sua competitividade.

Para que o transporte multimodal seja implantado de forma adequada, é preciso que a infraestrutura de transportes esteja preparada, a fim de garantir as opções de escolha do modal ao transportador. Dessa forma, as estruturas dos modais de transporte no Brasil são apresentadas, ressaltando a infraestrutura atual, os investimentos e o volume de cargas transportadas pelos mesmos.

2.6.1 Transporte Ferroviário

O transporte ferroviário teve papel importante no desenvolvimento do Brasil, pois as ferrovias eram utilizadas para o escoamento de produtos agrícolas, do interior do país até os portos.

Com a aprovação da Lei 8.031 em 12/04/1990 e suas alterações posteriores, foi instituído Programa Nacional de Desestatização (PND), que tinha como objetivos principais transferir à iniciativa privada as atividades indevidamente exploradas pelo setor público e contribuir para a reestruturação econômica do setor privado, modernizando a infraestrutura e ampliando a competitividade dos diversos setores da economia.

No entanto, o processo só foi iniciado em 1992, com a inclusão da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) no PND, através do Decreto nº. 473/92 (ANTT, 2011a). As privatizações das malhas ferroviárias ocorreram efetivamente entre 1996 e 1998. Atualmente a malha ferroviária privatizada é de 28.465 km, subdivididas em 12 malhas ferroviárias ao longo do território nacional, discriminadas no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Concessionárias e extensão das malhas

| Concessionárias | Km das linhas |
|---|----------------------|
| ALLMS - América Latina Logística Malha Sul | 7.304 |
| TNL - Transnordestina Logística | 4.207 |
| EFC - Estrada de Ferro Carajás | 892 |
| FERROESTE - Estrada de Ferro Paraná Oeste | 248 |
| EFVM - Estrada de Ferro Vitória a Minas | 905 |
| FCA - Estrada de Ferro Centro-Atlântica | 8.066 |
| ALLMN - América Latina Logística Malha Norte | 500 |
| VALEC/FNS - Ferrovia Norte-Sul | 571 |
| ALLMO - América Latina Logística Malha Oeste | 1.945 |
| FTC - Ferrovia Tereza Cristina | 164 |
| ALLMP - América Latina Logística Malha Paulista | 1.989 |
| MRS - MRS Logística | 1.674 |
| Total | 28.465 |

Fonte: ANTT (2010)

Com as transferências das operações, as empresas privadas passaram a recuperar a malha ferroviária, através da restauração das linhas férreas, da substituição do material rodante sucateado (vagões e locomotivas) e da introdução novas tecnologias de controles de tráfego e de sistemas, visando aumentar o volume de cargas transportado, buscando, assim,

diminuir o desequilíbrio da matriz de transportes brasileira (RESENDE *et al*, 2009). A Figura 2.10 demonstra a evolução dos investimentos entre os anos de 2003 e 2009.

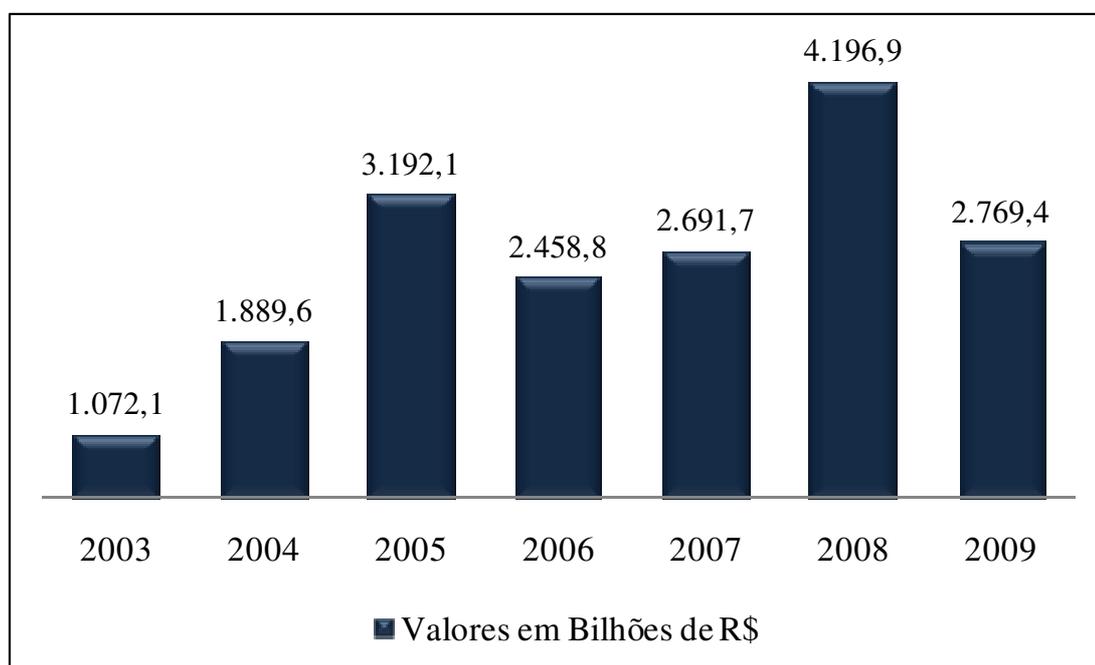


Figura 2.10 – Evolução dos Investimentos nas Ferrovias Brasileiras

Fonte: ANTT (2010)

É possível verificar que foram investidos cerca de R\$ 18 bilhões entre 2003 e 2009 nos diversos setores. É visível, também, que houve queda nos valores investidos em 2006 e 2009. Em 2006, as concessionárias reduziram os investimentos em material rodante, tanto na recuperação como na aquisição de novos vagões e locomotivas, devido aos investimentos em anos anteriores, o que foi sendo retomado até que em 2009 ocorreu a crise mundial, que também refletiu na economia do Brasil. Os principais investimentos das concessionárias por categoria são apresentados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Principais Investimentos das Concessionárias por Categoria (R\$ Milhões)

| Categoria | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | Total |
|---------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| Material rodante | 604,5 | 1.222 | 2.012 | 1.039,7 | 1.076,5 | 2.034,1 | 830,1 | 8.818,9 |
| Infraestrutura | 61 | 73 | 185,2 | 362,3 | 347 | 525,4 | 426,1 | 1.980,0 |
| Superestrutura | 184,3 | 364,3 | 679,3 | 674,4 | 756,8 | 992,8 | 998,8 | 4.650,7 |
| Comunicação e Sinalização | 66,1 | 37,8 | 56,6 | 74 | 89,6 | 96,2 | 125,8 | 546,1 |
| Outros | 156,2 | 192,5 | 259 | 308,4 | 421,7 | 548,4 | 388,6 | 2.274,8 |
| Total | 1.072,1 | 1.889,6 | 3.192,1 | 2.458,8 | 2.691,6 | 4.196,9 | 2.769,4 | 18.270,5 |

Fonte: ANTT (2010)

Observa-se que os maiores investimentos foram feitos em material rodante, o que reflete diretamente na frota em atividade no país. De acordo com dados da Associação

Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF (2011), em 1997, eram 1.154 locomotivas e 43.816 vagões. Atualmente já são 3.070 locomotivas e 99.565 vagões. Projeta-se um crescimento ainda maior até 2020, com aquisição de mais 2.000 locomotivas e 40.000 vagões. Além de aumentar o número de vagões, a idade média deles caiu de 42 anos em 1990 para 25 anos em 2010. A projeção é que até 2020 os vagões tenham idade média de 18 anos.

O Governo Federal, através do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC) também tem investido no sistema ferroviário brasileiro. De acordo com o Ministério dos Transportes o objetivo é ampliar a rede logística, interligando a rede ferroviária com outros modais, o que possibilitaria um transporte mais rápido e seguro. Atualmente está em construção cerca de 3.800 km de trilhos, o que representa um investimento total de R\$ 15 bilhões.

Os investimentos na malha ferroviária refletem diretamente no volume de cargas transportado, como pode ser observado na Figura 2.11.

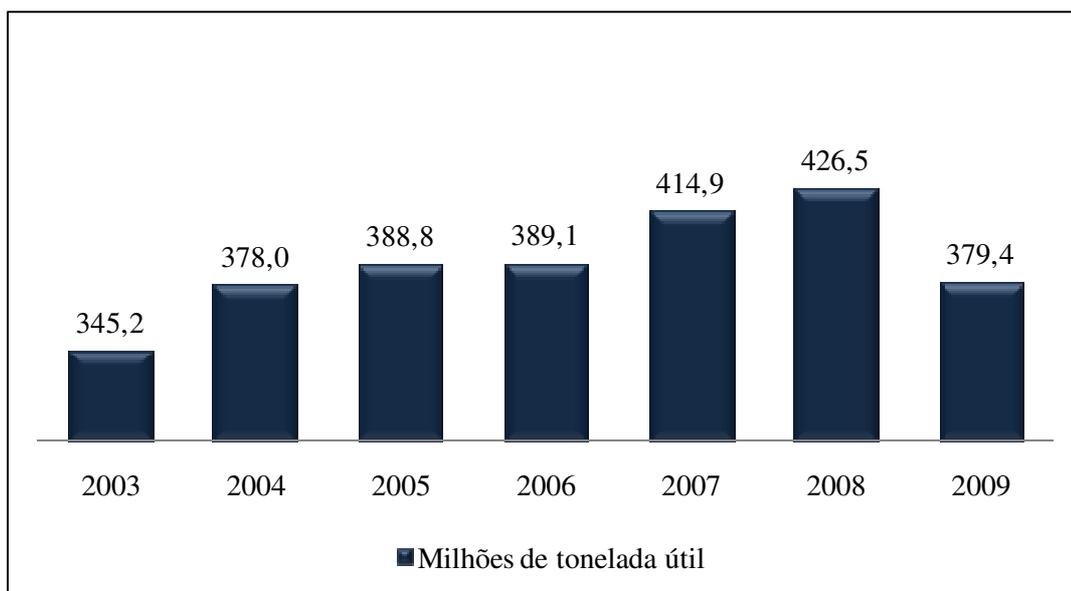


Figura 2.11 – Evolução do transporte de carga por ferrovia

Fonte: ANTT (2010)

Houve evolução no volume de carga transportada entre 2003 e 2008, com queda no volume transportada em 2009, devido ao período de crise internacional. No que se refere ao tipo de carga transportada, ainda é predominante o transporte de *commodities* no modal ferroviário, principalmente minério de ferro, com quase 278 milhões de toneladas úteis do total transportado, o que corresponde a quase 75% do total transportado pelo modal no ano de 2009, como demonstra a Figura 2.12.

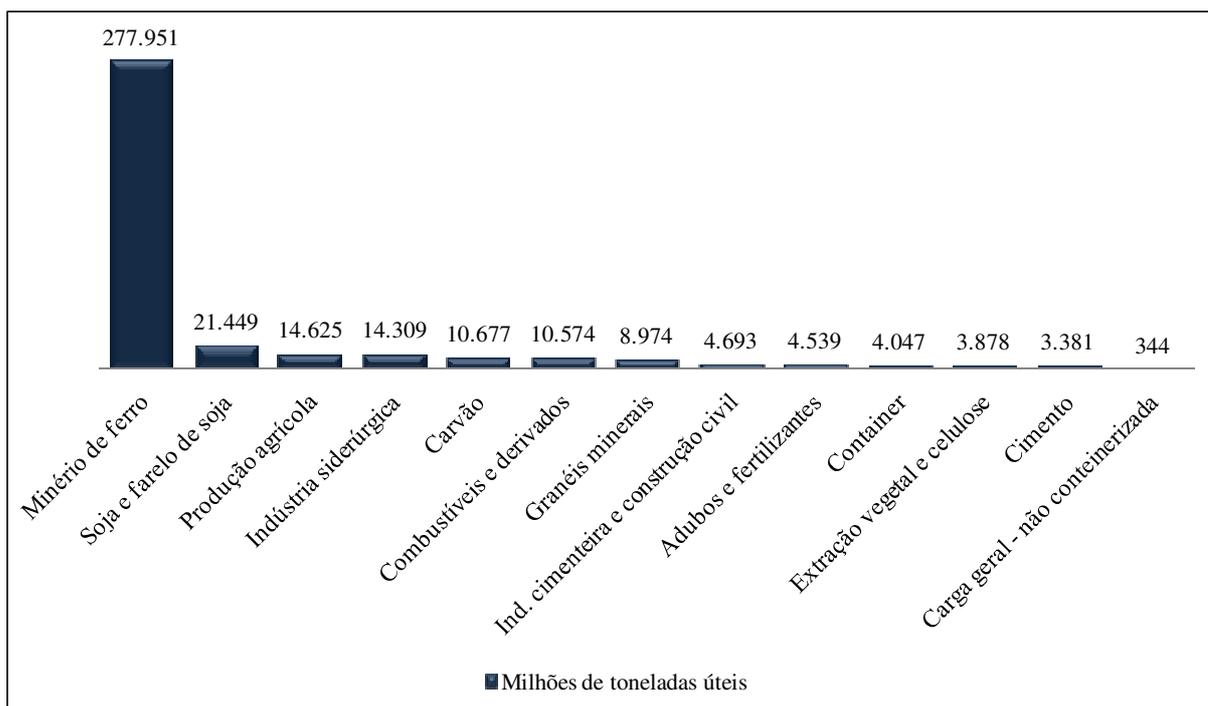


Figura 2.12 – Mercadorias transportadas por ferrovia em 2009

Fonte: ANTT (2009)

Embora com uma pequena participação no total transportado por ferrovia, o volume de *containers* cresceu significativamente entre 1999 e 2009, passando de 59.805 para 272.808 unidades, o que representa um aumento de 76%. O aumento do transporte de *containers* em ferrovia demonstra o crescimento da utilização da multimodalidade, que aumentou 77 vezes desde a desestatização até 2011 (ANTF, 2011).

2.6.2 Transporte Rodoviário

Segundo Goldenstein *et al.* (2006), até 1950, o modal rodoviário não dominava o mercado de transportes como ocorre atualmente. O setor respondia com uma participação de 38% e havia um predomínio do modal ferroviário. A partir de então, foi adotada a estratégia de privilegiar as rodovias. Com isso, em 1960, o transporte rodoviário já representava cerca de 60% da matriz nacional de transportes.

Além dos investimentos na construção de estradas, outros fatores como a expansão da indústria automobilística, o baixo preço do petróleo e o crescimento econômico experimentado na década de 1970 levaram o transporte rodoviário de cargas a consolidar sua posição de predominância na matriz de transporte, alcançando a participação de 70%.

Esse desequilíbrio na matriz de transportes do Brasil reduziu um pouco, mas ainda existe a superioridade do transporte rodoviário de cargas sobre os outros modais. No entanto,

as rodovias brasileiras ainda estão longe do ideal para que as cargas sejam transportadas com eficiência, rapidez e segurança.

De acordo com dados divulgados em janeiro/2011 pela Confederação Nacional dos Transportes (CNT), dos 1.580.964 km de rodovias brasileiras, somente 212.738 são pavimentadas. Ao observar esses dados, verifica-se que faltam investimentos no modo rodoviário.

O Governo Federal tem investido no transporte rodoviário, como demonstram os dados divulgados pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT), os quais mostram que até julho/2011 foram investidos R\$ 6,8 bilhões em transportes no Brasil, sendo que 83,4% desse total, cerca de R\$ 5,67 bilhões, foram destinados a esse modal. Mesmo com esses investimentos, a malha rodoviária brasileira ainda possui muitas deficiências.

De acordo com uma pesquisa realizada pela CNT em 90.945 km de rodovias nacionais, somente 14,7% estão em ótimas condições de pavimento, sinalização e/ou geometria da via (CNT, 2010). A Figura 2.13 mostra os dados completos dessa pesquisa.

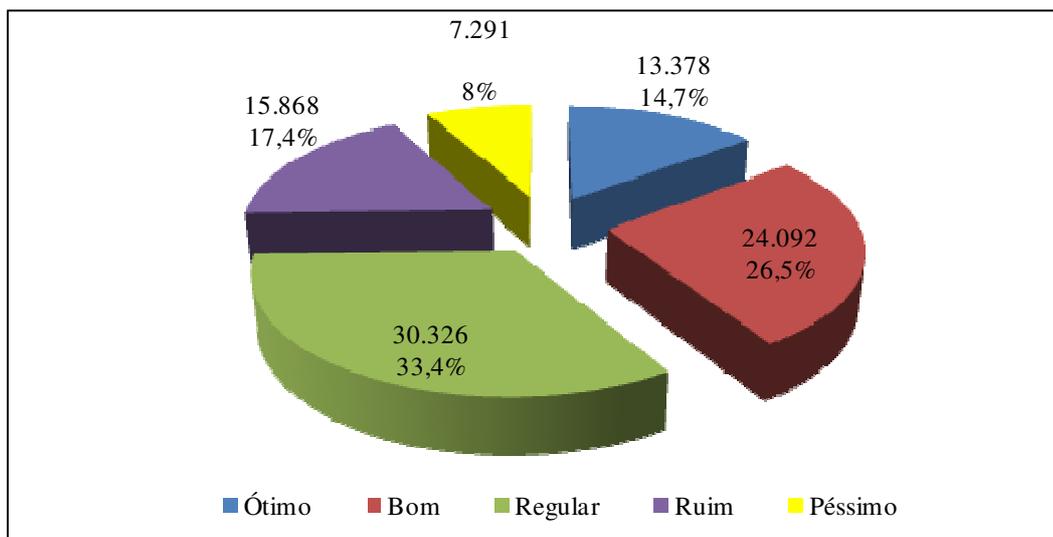


Figura 2.13 - Estado geral de conservação das rodovias pesquisadas em 2010
Fonte: CNT (2010)

É importante destacar a participação da iniciativa privada nesse cenário, pois se considerarmos, nessa mesma pesquisa, somente a extensão concessionada, a porcentagem de rodovias em ótimas condições é de 54,7%, o que não é suficiente, considerando os altos valores cobrados nos pedágios.

Deve-se ressaltar que as condições ruins do pavimento, aliado ao grande volume de tráfego, comprometem a qualidade da viagem, a depreciação dos veículos e aumentam o risco de acidentes e roubos de cargas (FERNANDES *et al*, 2009).

A deterioração da malha rodoviária, os consequentes aumentos dos custos operacionais dos veículos e do tempo de viagem, os riscos de acidentes, entre outros fatores, espelham primariamente uma incontestável redução nos investimentos, inclusive daqueles voltados para a manutenção (BATISTA et al, 2008).

O alto custo na manutenção das rodovias, quando comparado com outras infraestruturas, é um dos principais problemas relacionados a esse modal. No entanto, mesmo com algumas rodovias em condições precárias, o transporte rodoviário é o mais expressivo no transporte de cargas, pois atinge praticamente todo o território nacional (SILVA, 2006).

Eller *et al.* (2011) destacam que devido aos escassos recursos públicos diante das diversas alternativas de alocação, deve-se considerar a participação da iniciativa privada no setor de infraestrutura. Para tanto, o Ministério dos Transportes, os governos estaduais e a ANTT realizaram concessões, através das quais o governo transfere a responsabilidade de manutenção, operação e arrecadação das rodovias para a iniciativa privada, em uma tentativa de melhorar a situação do setor.

Essas concessões se concretizaram através do Programa de Concessão de Rodovias Federais. De acordo com o Ministério dos Transportes, inicialmente, foram definidas duas etapas do programa. A primeira etapa representou a transferência de 856,4 km de estradas à iniciativa privada, como demonstra o Quadro 2.4.

Quadro 2.4 - Primeira etapa de privatização do transporte rodoviário

| Trecho | Extensão | Prazo | Data do contrato | Concessionária |
|---------------------|-----------------|--------------|-------------------------|-----------------------|
| Ponte Rio-Niterói | 13,2 | 20 anos | 17/08/1995 | Ponte S.A. |
| Rio-São Paulo | 406,8 | 25 anos | 31/10/1995 | Nova Dutra S. A. |
| Rio-Juiz de Fora | 179,7 | 25 anos | 31/10/1995 | Concer |
| Rio-Teresópolis | 144,4 | 25 anos | 22/11/1995 | CRT S. A. |
| Osório-Porto Alegre | 112,3 | 20 anos | 04/03/1997 | Concepa S. A |

Fonte: Adaptado de Gomide (2011)

Essa primeira etapa de concessões de rodovias federais ocorreu na ausência de um marco regulatório pré-definido e de estrutura organizacional capacitada para a regulação, já que o Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER) se caracterizava como um órgão executivo de construção, contratação e fiscalização de obras. Assim, foram firmados contratos de longo prazo (entre 20 e 25 anos) que se transformaram no único instrumento de regulação das concessionárias (GOMIDE, 2011).

Com a aprovação da Lei 9.277/96, que regulamenta a transferência das rodovias federais para os estados, a extensão das rodovias federais incluídas no Programa de Concessão ampliou-se para 15.507,2 km, incluídos os montantes das etapas anteriores. Deste

total, 7.096,3 km foram concedidos diretamente para a iniciativa privada pelo DNER. Outros 7.554,5 km inserem-se nos trechos de rodovias a serem delegados aos estados, Distrito Federal e municípios para serem inseridos nos Programas Estaduais de Concessão pelo prazo de até 25 anos, renováveis por igual período, mediante a cobrança de pedágios (PIRES e GIAMBIAGI, 2000). Essa segunda etapa ainda não foi concluída.

O transporte rodoviário de cargas no Brasil conta com cerca de 12 mil empresas prestadoras de serviços, respondendo por 3,4% do Produto Interno Bruto (PIB). O faturamento anual do segmento gira em torno de R\$ 24 bilhões, gerando 3,5 milhões de empregos, segundo dados da Associação Nacional de Empresas de Transportes de Cargas (2011).

Lopes *et al.* (2008) afirmam que os dados relativos ao transporte rodoviário de carga no Brasil são escassos e imprecisos, mas o que se pode afirmar é que o transporte de carga tem crescido consistentemente nos últimos anos. O volume de carga transportado por rodovias cresceu 18,6% em 2005 e 18,4% em 2006, conforme mostra a Figura 2.14, bem acima do crescimento observado em outros modais. Os resultados financeiros das empresas também melhoraram.

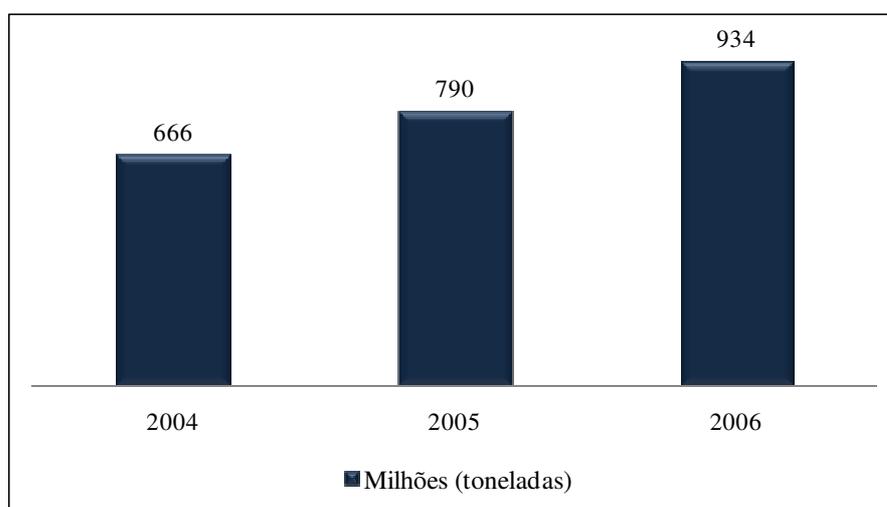


Figura 2.14 - Transporte rodoviário de cargas

Fonte: Lopes *et al.* (2008)

Lopes *et al.* (2008) afirmam, ainda, que o governo brasileiro estima, como resultado dos investimentos e iniciativas propostos no PNLT, que a participação do modal rodoviário reduzirá para 33% em 2025, pois os investimentos previstos para rodovia são de R\$ 74,3 bilhões, enquanto as ferrovias, por exemplo, podem receber até R\$ 150,1 bilhões.

Porém, mesmo que o PNLT seja plenamente concretizado, o modal rodoviário deverá permanecer como predominante na matriz de transporte de carga no país. Além disso,

o horizonte previsto de mudança é de, pelo menos, duas décadas. Assim, é provável que os padrões de eficiência e produtividade do transporte de carga do Brasil continuem a ser determinados, por muitos anos ainda, pelo desempenho do transporte rodoviário.

2.6.3 Transporte Marítimo

Ervilha *et al.* (2008) afirmam que o processo de privatização da infraestrutura portuária brasileira, acompanhada da promulgação da Lei nº. 8.630/93, conhecida como Lei de Modernização dos Portos, trouxe uma nova realidade e boas oportunidades para as empresas, alternando a estrutura do setor de transporte marítimo, principalmente no que diz respeito a investimentos, tecnologia, relações trabalhistas e condições operacionais.

No entanto, mesmo com essas melhorias, Novaes *et al.* (2006) afirmam que ainda existe a necessidade de outras ações que visam o aumento da eficiência das operações portuárias, como: a melhoria e adequação dos acessos, aumento na oferta de navios e revitalização do setor de construção naval. Essas ações favoreceriam a competitividade logística do setor e do país.

Os terminais especializados de uso privativo foram autorizados a participar, via contrato de adesão, da movimentação de cargas de terceiros, o que abriu possibilidades para o processo de modernização e privatização em seu conjunto.

São grandes os avanços trazidos pela modernização. Antes de 1998, o tempo médio de movimentação de um *container*, que era de cinco minutos, agora encontra-se no patamar de um minuto e trinta segundos, o que determina uma movimentação aproximada de 40 *containers* por hora. As Figuras 2.15 e 2.16 apresentam as operações portuárias antes e depois da privatização (PEDREIRA, 2006).

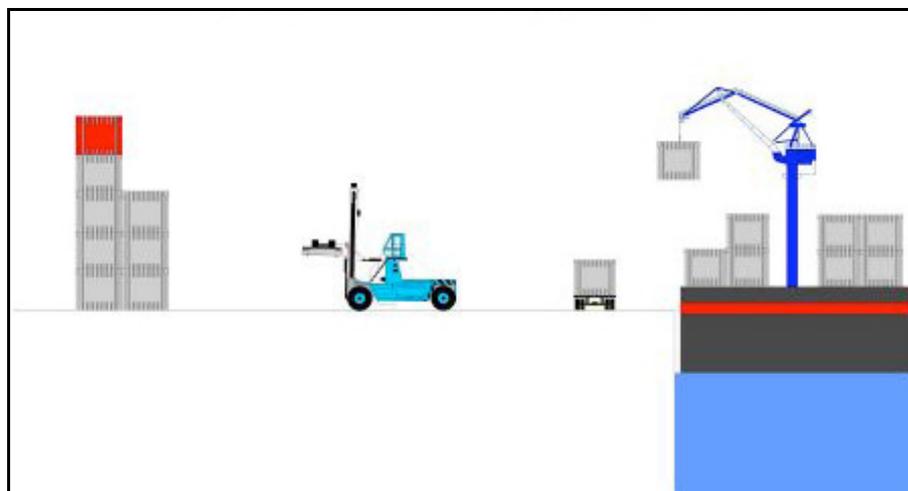


Figura 2.15 - Operação portuária antes da privatização

Fonte: Pedreira (2006)

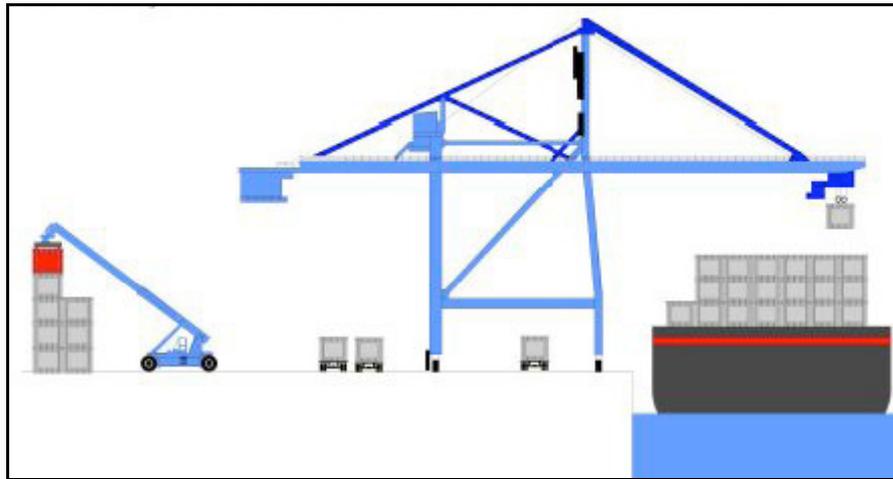


Figura 2.16 - Operação portuária após a privatização
Fonte: Pedreira (2006)

Ainda com alguns problemas de infraestrutura, o setor portuário nacional retomou o crescimento da movimentação de cargas. Tal desempenho pode ser explicado pela conjuntura favorável à retomada do crescimento econômico em vários setores, o que impulsionou o aumento da demanda e gerou reflexos na movimentação de cargas.

Segundo os dados da Agência Nacional de Transportes Aquáticos - ANTAQ (2010), a movimentação de cargas no sistema portuário nacional se recuperou e alcançou 834 milhões de toneladas, registrando um aumento geral de 13,8% em relação a 2009, retomando a tendência anual crescente desde 2000, como demonstra a Figura 2.17.

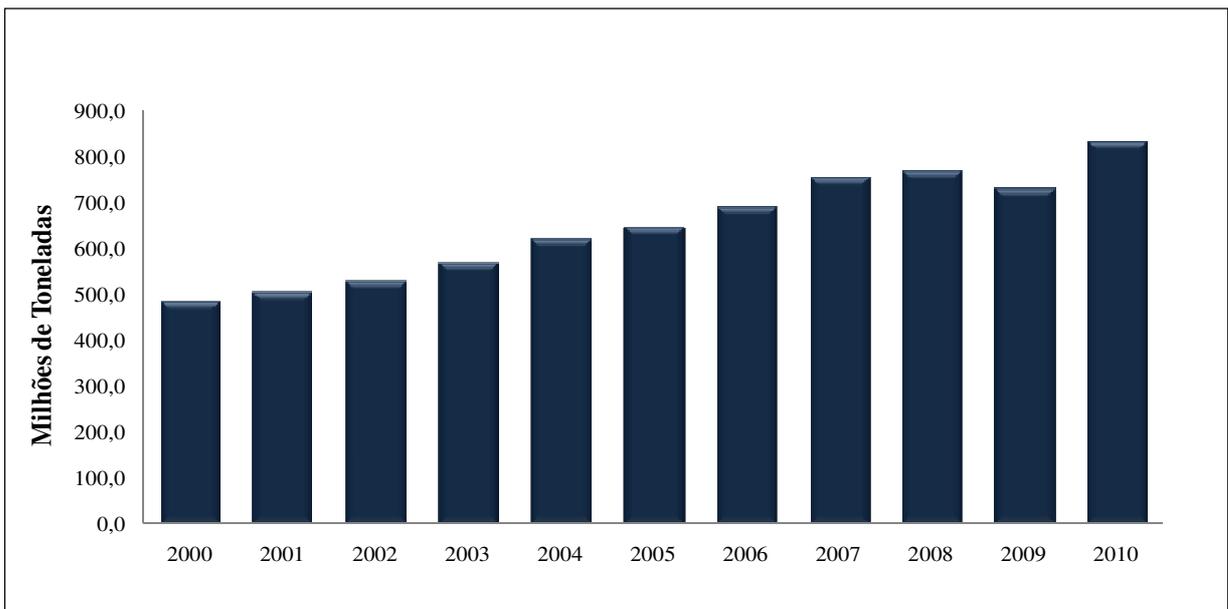


Figura 2.17 - Evolução da movimentação de cargas nos portos brasileiros
Fonte: ANTAQ (2010)

A movimentação total de cargas nas instalações portuárias brasileiras ao longo do ano de 2010 foi a maior da história do país, registrando 833.882.796 toneladas, aumento de 13,7% em relação ao ano de 2009. A queda na movimentação em 2009 deve-se à crise internacional, que também refletiu na movimentação de cargas nos portos brasileiros.

Os granéis sólidos dominaram o volume de carga movimentado no sistema portuário nacional entre 2008 e 2010, representando cerca de 60% do total movimentado, devido ao aumento na movimentação de minério de ferro, como demonstra a Figura 2.18. A movimentação de granéis líquidos tem nos combustíveis e óleos minerais seu grande destaque. Já na movimentação de carga geral, o destaque são os produtos siderúrgicos, celulose e mercadorias em *containers* (ANTAQ, 2010).

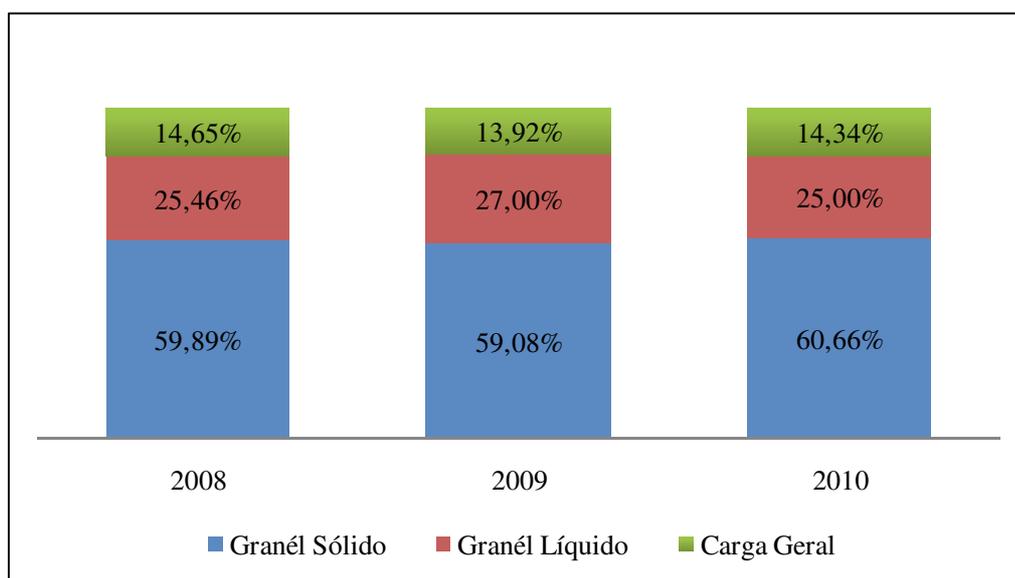


Figura 2.18 - Participação na movimentação de carga, por natureza
Fonte: ANTAQ (2010)

Em relação ao tipo de instalação portuária ocorre uma natural especialização, sendo as cargas a granel predominantes em terminais privativos, enquanto que a carga geral, nela incluídos os *containers*, é predominante em terminais públicos (ABTP, 2011).

De acordo com dados da Associação Brasileira de Terminais Portuários – ABTP (2011), atualmente o Brasil conta com 130 terminais de uso privativo misto ou exclusivo, devidamente autorizados, dos quais 120 se encontram em operação e 10 ainda em fase de obras. Em 2010 foram apresentadas 10 novas solicitações de autorização para a exploração de terminais dessa modalidade, as quais se encontram ainda sob análise das autoridades competentes.

Um dos principais efeitos da privatização foi o crescimento dos investimentos aplicados em equipamentos de movimentação de *containers*, obras civis para reforço das

estruturas, expansão dos terminais e tecnologia da informação. Esses investimentos geram maior eficiência, melhor produtividade e consequentemente, redução nos preços aos clientes (ERVILHA, 2008).

Segundo os dados divulgados pela ABTP (2011), os investimentos privados a serem realizados nos próximos cinco anos, tanto em terminais públicos, quanto em terminais privados, deverão atingir o expressivo montante de R\$ 32 bilhões.

2.6.4 Transporte Aéreo

O transporte aéreo é um dos setores que frequentemente são apontados como estratégicos tanto por governos quanto por analistas setoriais. Esta qualificação é devida ao importante fator de reforço à inserção do país no contexto internacional e ao fortalecimento de suas posições geopolíticas e laços comerciais (SALGADO *et al*, 2010).

A velocidade que a aviação agrega ao transporte atrai cada vez mais setores da economia. Os principais produtos transportados por esse modal são produtos de alta tecnologia, de inovações com alto valor agregado, de produtos com elevada densidade de valor, as entregas expressas e produtos perecíveis.

Dessa forma, o transporte aéreo de carga está deixando de ser considerado como um serviço aéreo periférico, para tornar-se rapidamente em um elemento essencial para o desenvolvimento da economia brasileira (TOZI *et al*, 2010).

No Brasil, a Infraero é o órgão responsável por administrar 66 aeroportos, 69 grupamentos de navegação aérea e 51 unidades técnicas de aeronavegação. Possui, ainda, rede de 34 terminais de logística de carga, espalhados por todo território nacional.

O volume das cargas movimentadas em aeroportos brasileiros tem sido constante entre os anos de 2001 e 2010, com pouca variação ao longo desses anos. A maior queda foi registrada em 2009, por causa da crise internacional. No entanto, observa-se na Figura 2.19 que o setor retomou o crescimento em 2010.

Essa movimentação é dividida entre importação, exportação e movimentação nacional de cargas. De acordo com dados da Infraero, em 2010, a importação correspondeu por 45% do total movimentado nos aeroportos, seguida pelo transporte de cargas nacionais, com 28%. A exportação abrangeu 27% do total de cargas que passaram pelos aeroportos administrados pela Infraero.

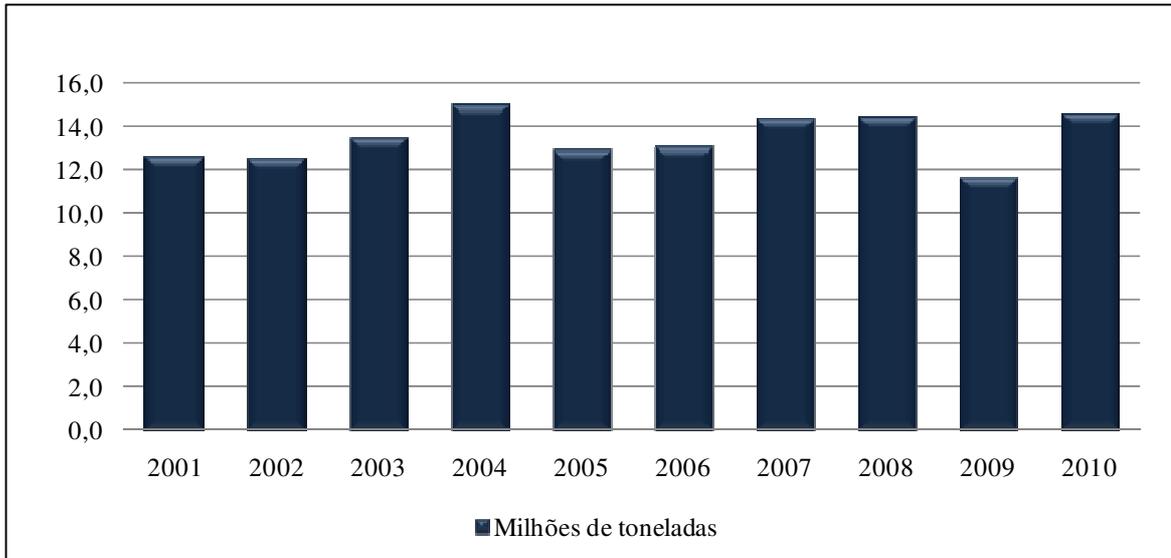


Figura 2.19 - Evolução da movimentação de cargas em aeroportos brasileiros

Fonte: Infraero (2010)

No que se refere à exportação, houve crescimento do setor nos últimos dez anos, como mostra a Figura 2.20. O ano de 2010 bateu recorde no setor, com crescimento de 35,37% em relação a 2009, demonstrando a retomada das exportações brasileiras.

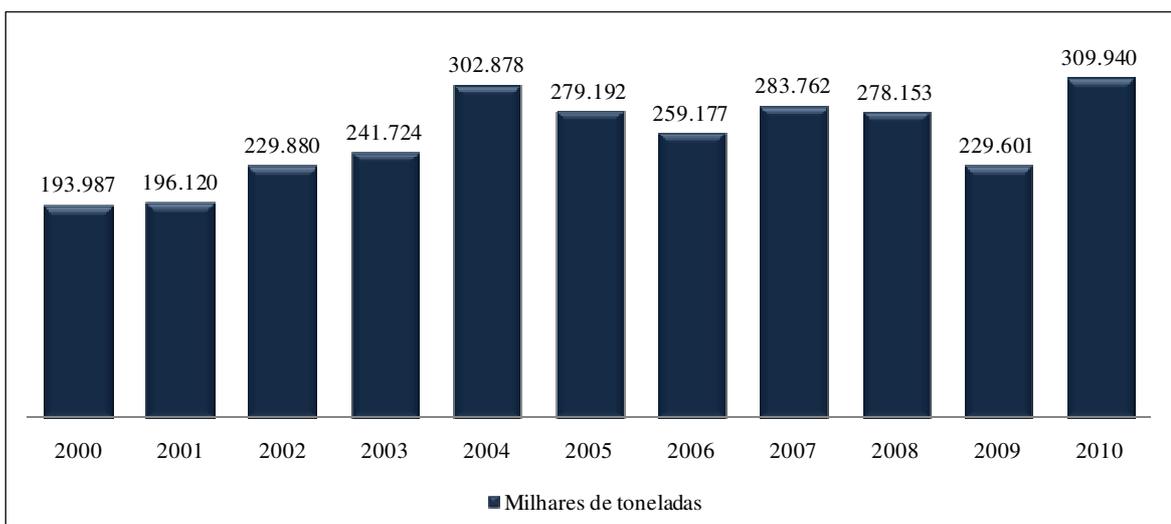


Figura 2.20 - Evolução das exportações em aeroportos no Brasil

Fonte: Infraero (2010)

Os principais aeroportos que operam em exportação podem ser observados na Figura 2.21. Os dados demonstram que o aeroporto de Guarulhos é o que tem maior movimentação de cargas destinadas à exportação no Brasil.

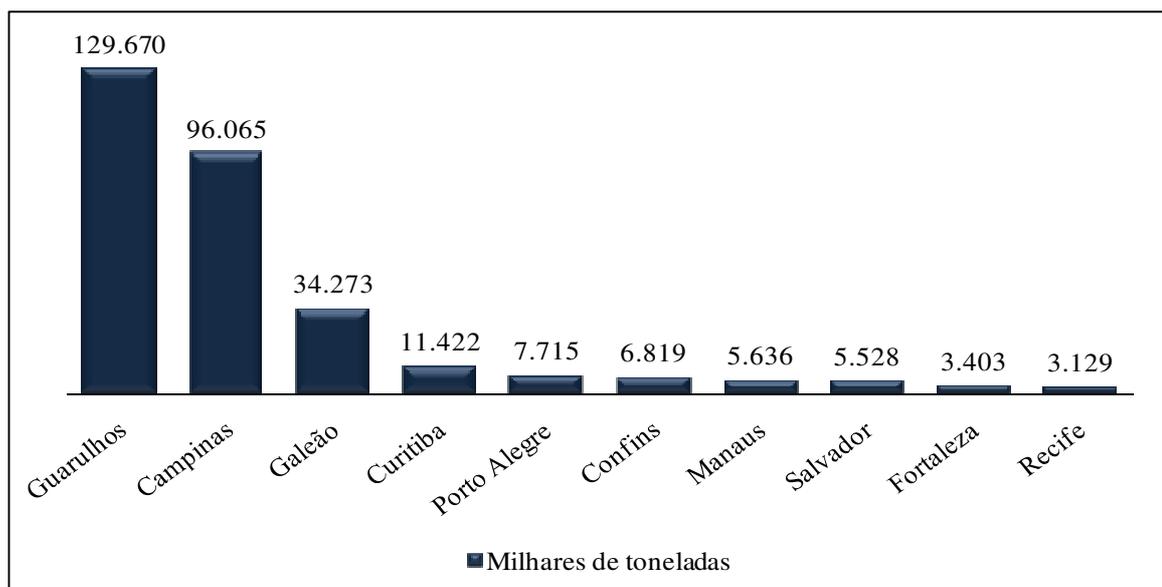


Figura 2.21 Movimentação das exportações por aeroporto

Fonte: Infraero (2010)

Segundo Oliveira e Correia (2010), por diversas razões, incluindo questões socioeconômicas e geopolíticas, a grande maioria do movimento da carga aérea no Brasil é realizada pelos porões de aeronaves de passageiros. Isso acontece porque a frota de jatos cargueiros de empresas nacionais é muito pequena, quando comparado com empresas estrangeiras.

No entanto, existe no Brasil uma exceção a esse cenário, pois no aeroporto internacional de Campinas/Viracopos as movimentações de carga aérea são na maioria realizados por aeronaves cargueiras, principalmente porque o aeroporto não possui voos internacionais regulares.

Os dados do transporte aéreo de carga demonstram que esse não é apenas um negócio comercial, pois serve também como apoio estratégico, político e social. No entanto, para o seu desenvolvimento necessário se faz a evolução da infraestrutura e dos seus auxílios para que a prestação de serviços seja feita de forma eficiente (BARROS e SANTOS, 2007).

De acordo com Salgado *et al* (2010), como todo setor relacionado com a infraestrutura, o transporte aéreo necessita de um constante fluxo de investimentos, de forma a não constituir gargalo ao crescimento econômico.

A Infraero mantém um plano de investimentos em toda a sua rede de terminais de logística e carga. Para o período de 2011-2015 os investimentos previstos estão em torno de R\$ 708 milhões. Esses valores serão investidos na construção de novos terminais modulares estruturados, na aquisição de novos equipamentos, reforma, ampliação, adequação e modernização de seus complexos logísticos (INFRAERO, 2011).

Essa dissertação não abordará a questão do transporte dutoviário, pois os produtos manufaturados não podem ser movimentados através dessa modalidade.

2.6.5 Entraves burocráticos

Além das dificuldades encontradas pela falta de infraestrutura disponível no transporte multimodal brasileiro, existem também outros entraves. Em seu relatório a ANTT (2011b) destaca os principais entraves burocráticos, sendo eles:

- Ausência de uma política nacional de transportes;
- O conflito dos conceitos de operação de transporte intermodal e multimodal de cargas. Nos últimos anos essa questão tornou-se um assunto recorrente em pauta. O conflito torna-se evidente principalmente quando há referência à atividade realizada. Para a ANTT, tanto o transporte intermodal como o multimodal realizam operações de transporte de carga pela integração de dois ou mais modos de transporte. O que difere são os procedimentos, pois a operação intermodal tem como característica o compartilhamento de responsabilidade no decorrer de cada trecho ou trajeto realizado, e na emissão de diversos documentos, um para cada modo de transporte a ser utilizado durante o transporte, enquanto na multimodalidade realiza-se apenas um contrato de transporte inicial entre o cliente e o OTM e, após a entrega da carga pelo cliente, o OTM emite o conhecimento de transporte multimodal, com o qual todas as operações serão realizadas;
- A dificuldade em operacionalizar o conhecimento de transporte multimodal de cargas - CTMC (documento a ser expedido pelo operador de transporte multimodal no momento da contratação do serviço);
- Destinação das vias dos conhecimentos de transportes. O transportador deve emitir o conhecimento de transporte referente ao modo por ele operado. Uma das vias fica anexada ao CTMC, o que configura quebra de sigilo comercial, pois permite o acesso do destinatário ao valor de todas as negociações realizadas entre o OTM e o transportador;
- O excesso ou duplicidade de documentos: existe a necessidade de emissão do CTMC e dos conhecimentos de transporte correspondentes a cada modal. Poderão, ainda, existir outros documentos;
- Campos obrigatórios de preenchimento no conhecimento de transporte multimodal de cargas: não contém campos específicos do transporte multimodal;

- A falta de uniformidade na legislação multimodal;
- Internalização do Acordo de Alcance Parcial para Facilitação do Transporte Multimodal de Mercadorias no MERCOSUL, firmado entre o Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai: esse acordo deveria ser ratificado pelos demais membros;
- Reconhecimento do OTM pela Secretaria da Receita Federal e pelo Banco Central do Brasil. A Receita Federal não reconhece o OTM como despachante aduaneiro, impedindo-o de ter seu registro no SISCOMEX (sistema nacional de comércio exterior), o que o impossibilita de agir como responsável pelo transporte internacional. Já o Banco Central não reconhece o OTM para remessa de divisas;
- Seguro internacional: existem impedimentos quanto ao seguro internacional de carga, pois as seguradoras devem estar vinculadas aos agentes que fiscalizam e regulamentam esse setor para serem reconhecidos no Brasil.

Outro entrave à implantação do transporte multimodal no Brasil são os custos relativos aos tributos das operações de transporte, os quais chegam a 30% do valor do frete. Só o ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e serviços) corresponde a quase a metade desse custo, 12%. Além disso, não existe uma alíquota única para o transporte multimodal no país.

Além dos entraves apresentados, existem ainda dificuldades na implementação do transporte multimodal devido à falta de uma legislação comum aceita pelos países. Isso ocorre porque mesmo existindo algumas convenções nos blocos econômicos, alguns países acabam por adotar uma legislação própria. A seguir são apresentadas algumas dessas legislações, tanto no Brasil como no exterior.

2.7 Legislação aplicada ao transporte multimodal

O transporte multimodal no Brasil é disciplinado pela Lei n° 9.611/98, que instituiu, também, a figura do operador de transporte multimodal (OTM), caracterizado por ser a pessoa jurídica contratada para executar o transporte multimodal de cargas desde a origem até o destino. Em 2000, foi publicado o Decreto n° 3.411, que especificou as regras para habilitar o OTM.

Em 2004, através do Decreto n° 5.276, foi criada a Agência Nacional de Transporte Terrestre, que passou a ser o órgão responsável pelo transporte multimodal de cargas no Brasil e pela habilitação do OTM. As regras para habilitar o operador de transporte foram definidas pela Resolução ANTT n° 794, de 2004.

Se comparado com a legislação existente em outros países, o Brasil demorou em adotar uma legislação específica para regulamentar o transporte multimodal de cargas. As primeiras convenções internacionais visando regulamentar o transporte multimodal datam de 1980, ocorrida em Genebra. A partir dessa data, outras convenções aconteceram, a fim de definir uma regulamentação uniforme para o transporte multimodal internacional e para o OTM (ANTT, 2011b).

Nos Estados Unidos, em 1961, o relatório *Doyle* recomendou ao presidente Kennedy que criasse o Departamento Federal de Transportes (DOT), com funções reguladoras do sistema de transporte, dentre eles, a regulamentação do transporte intermodal. O DOT foi criado em 1966, a partir de várias agências governamentais pré-existentes, as quais, até então, regulamentavam os meios de transporte.

Em 1991, *The Intermodal Surface Transportation Efficiency Act* estabeleceu as novas prioridades em áreas de progresso econômico, exigindo que o sistema de transporte intermodal fosse economicamente eficiente.

Na legislação, o Congresso Americano declarou que o transporte intermodal é de "*interesse nacional para incentivar e promover o desenvolvimento de sistemas de transporte abrangendo vários modais de forma eficiente, que irá maximizar a mobilidade de pessoas e bens dentro e através de áreas urbanizadas e minimizar o transporte relacionado com o consumo de combustível e poluição do ar*" (DEMPSEY, 2000).

Na Europa, *The Official Journal of the European Communities* publicou *The Council Directive 92/106/EEC*, em 07 de Dezembro de 1992, que estabeleceu regras comuns para o transporte utilizando modais combinados de bens entre países membros da Comunidade Européia.

O Quadro 2.5 apresenta as diversas convenções internacionais ocorridas sobre o transporte multimodal e o Quadro 2.6 traz uma síntese da legislação sobre multimodalidade em alguns países e blocos econômicos.

Quadro 2.5 – Convenções Internacionais sobre Transporte Multimodal

| Data | Evento | Descrição | Observação |
|------------------------|---|---|--|
| 24 de Maio de 1980 | United Nations Convention on International Multimodal Transport of Goods (Convenção de Genebra) | Convenção internacional com o objetivo de definir e regulamentar o transporte multimodal, o OTM e a documentação multimodal | Não entrou em vigor, pois não obteve o número mínimo de assinaturas para sua aprovação. É tomada como base pela maioria das leis sobre o transporte multimodal nos diferentes países. |
| 1º de Janeiro de 1992 | UNCTAD/ICC Rules for Multimodal Transport Documents | Elaboração de novas regras para a documentação do transporte multimodal. | Não é documentação obrigatória, perde seu valor perante qualquer lei ou regulamento existente em um país. Tem valor contratual. Não entrou em vigor oficialmente, porém várias leis nacionais são baseadas nela. |
| 1996 | 29ª. Sessão da UNCITRAL | Reconheceu que as diversas regulamentações nacionais e internacionais deixaram significativas lacunas, que representam entraves à movimentação da carga e geram aumento no custo de transação. | A partir dessa sessão da UNCITRAL, outros trabalhos começaram a ser desenvolvidos, como o CMI. |
| 25 de Junho de 2001 | Implementation of Multimodal Transport Rules (realizado pela secretaria da UNCTAD) | Implementação das regras do transporte multimodal. Levantamento das leis, dos regulamentos e dos estudos sobre transporte multimodal em diversos países e blocos econômicos. | Ressalta a importância e a necessidade de uma regulamentação uniforme para o transporte internacional. |
| 11 de Dezembro de 2001 | CMI – Comitê Marítimo Internacional | Solucionar o problema do transporte multimodal internacional. | Abrangeu a uniformidade de regras, responsabilidades do OTM e utilização de contratos eletrônicos. |
| 13 de Janeiro de 2003 | Multimodal Transport: The Feasibility on International Legal Instrument (realizado pela secretaria da UNCTAD) | Viabilização de um novo instrumento internacional, levando em consideração as visões de todas as partes interessadas. Pesquisa com os envolvidos no transporte multimodal para conhecer o motivo da não utilização das regulamentações internacionais já existentes | Levanta questionamento sobre a viabilidade de inserção de lei obrigatória que legisle sobre as responsabilidades do OTM. |

Fonte: ANTT (2011b)

Quadro 2.6 – Resumo das Legislações de Países e Blocos Econômicos

| País/Bloco Econômico | Regulamentação | Observações |
|-----------------------------|---|--|
| ALADI | Acordo sobre Transporte Multimodal Internacional/1995 | Seguiu a Convenção de 1980 da ONU e UNCTAD/ICC. Ainda não entrou em vigor. |
| ASEAN | Draft ASEAN Framework on Multimodal Transport/1998. | Seguiu a Convenção de 1980 da ONU e UNCTAD/ICC. |
| Comunidade Andina | Decisão n° 331 de 4 de março de 1993, modificada pela Decisão n° 393 de 9 de julho de 1996: “Transporte Multimodal Internacional”; Resolução n° 425 de 20 de agosto de 1996. | Seguiu a Convenção de 1980 da ONU e UNCTAD/ICC. |
| MERCOSUL | Acordo Parcial para Facilitar o Transporte Multimodal de Cargas / 1994. | Seguiu a Convenção de 1980 da ONU e UNCTAD/ICC. |
| Alemanha | Transport Law Reform Act/1998. | Baseado na Convenção de Contrato para Transporte Internacional de Mercadoria por Estradas de 1956. |
| Argentina | Lei n° 24.921: Transporte Multimodal de Carga/1998. | Adotou a regulamentação do MERCOSUL. |
| Brasil | Lei n° 9.611: Transporte Multimodal de Cargas/1998. | Adotou a regulamentação do MERCOSUL. |
| China | The Maritime Code, Chapter IV, Section 8: Special Provisions Regarding Multimodal Transport Contract/1993; Regulations Governing International Multimodal transport of Goods by Containers/1997; The Contract Law, Chapter 17, Section 4: Contracts for Multimodal Transportation/1999. | Regulamentação própria. |
| Colômbia | Decisões da Comunidade Andina n° 331 e 393; Resolução n° 425 de 20 de agosto de 1996; Decreto n° 149 de 21 de janeiro de 1999. | Adotou a regulamentação da Comunidade Andina. |
| Equador | Decisões da Comunidade Andina n° 331 e 393; Resolução n° 425 de 20 de agosto de 1996. | Adotou a regulamentação da Comunidade Andina. |
| Holanda | Código Civil Holandês, especificamente entre os artigos 40 a 43. | Regulamentação própria. |
| Índia | Multimodal Transportation of Goods Act (n° 28 de 1993)/1993. | Seguiu a Convenção de 1980 e UNCTAD/ICC. |
| México | Regulation on International Multimodal/1989. | Seguiu a Convenção de 1980 e UNCTAD/ICC. |
| Paraguai | Decreto n° 16.927, de 16 de abril de 1997. | Adotou a Regulamentação do MERCOSUL. |
| Uruguai | Decreto n° 1.999/1995, de 8 agosto de 1995 | Foi declarado nulo, pelo Tribunal do Contencioso Administrativo, logo após a sua publicação. |

Fonte: ANTT (2011b)

De acordo com Fernandes *et al.* (2009), apesar de todas as convenções e de todos as legislações internacionais, pouco se conseguiu avançar, ficando essa uniformidade restrita aos blocos econômicos que ratificaram tratados com o intuito de instituírem a multimodalidade em seus territórios.

No que se refere à tratados e convênios para cada modo de transporte, organizações como UNCTAD (*United Nations Conference on Trade and Development*) – Organização das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento tem destaque, pois procuram harmonizar as várias legislações nacionais no campo dos transportes, buscando garantir a aplicação eficaz dos regulamentos internacionais por parte das autoridades regionais e nacionais.

No caso do transporte rodoviário e ferroviário, a secretaria geral das Nações Unidas atua como depositária de vários tratados multilaterais. No caso do transporte marítimo, a UNCTAD e a OMI (Organização Marítima Internacional) são as organizações responsáveis pela regulamentação desse modo, cada uma exercendo atividades nas suas áreas específicas. No caso do transporte aéreo, o secretário geral da OACI (Organização de Aviação Civil Internacional) é o depositário dos tratados internacionais. Com relação ao transporte multimodal, a UNCTAD é a organização responsável pela supervisão de ratificações, adesões e acesso ao Convênio Internacional de Transporte Multimodal (ANTT, 2011b).

É importante, também, destacar os documentos necessários para embarque das cargas após a celebração dos contratos. No transporte marítimo os documentos apresentados devem ser o *Bill of Lading* (conhecimento de embarque) e o *Receive for Shipment* (recibo para embarque). No transporte aéreo o documento é o *Air Way Bill* (conhecimento aéreo). Já no transporte terrestre o documento é denominado conhecimento de embarque internacional (RODRIGUES, 2010).

No caso do transporte multimodal o contrato de transporte é celebrado entre o expedidor da carga e o OTM, e ele regerá todos os atos envolvendo o transporte da carga desde a origem até o destino final. Depois de celebrado o contrato é emitido o Conhecimento de Transporte Multimodal de Cargas. O modelo do CTMC foi idealizado pelo Conselho Nacional de Política Fazendária – CONFAZ, em 2003 (FERNANDES *et al.*, 2009).

A dificuldade em se obter uma legislação que seja aceita pela maioria dos países é difícil, pois existem os interesses particulares que cada um, além, é claro, das diferentes interpretações das terminologias multimodal e intermodal. Pois isso, os trabalhos desenvolvidos nessa área de pesquisa podem contribuir para tentar amenizar essas dificuldades, facilitando, assim a implantação do transporte multimodal no Brasil, afinal muitos dos estudos apresentados no presente referencial teórico comprovam as vantagens obtidas com a implantação do transporte multimodal.

2.8 Vantagens da implantação do transporte multimodal

Segundo o relatório publicado pela ANTT (2011b), existem várias vantagens potenciais no transporte multimodal, entre as quais destacam-se:

- Diminuição do custo de transporte da carga: a combinação eficiente e econômica de dois ou mais modos de transporte na movimentação de grande volume de carga em longas distâncias tende a reduzir os custos de transporte;
- Melhor eficiência da infraestrutura de transporte existente: a utilização de modos de transportes inerentes às características da região e às suas potencialidades econômicas permite otimizar a infraestrutura de transporte e promover o desenvolvimento social e econômico da região;
- Aumento da eficiência e da produtividade da economia nacional: a aplicação eficiente da multimodalidade impacta nos preços finais dos produtos, elevando a renda do consumidor final no mercado interno e a competitividade dos produtos nacionais no mercado externo;
- Benefícios dos investimentos públicos e privados na infraestrutura: canaliza e orienta melhor a aplicação dos recursos e dinamiza as parcerias públicas e privadas.

Além desses benefícios, poderá ocorrer uma diminuição das externalidades, dos impactos ambientais, do volume de tráfego nas rodovias, do sobrepeso e de acidentes, em função da utilização racional dos diferentes modos de transporte.

Em economias mais desenvolvidas onde a multimodalidade se encontra em estágio mais avançado, a atividade do operador de transporte multimodal tem proporcionado outras vantagens (ANTT, 2011b), sendo elas:

- Maior poder de negociação junto aos prestadores de serviços de transporte devido a ganhos de escala;
- Fretes e tarifas mais competitivas;
- Manipulação e movimentação mais rápida e segura das cargas, inclusive nas operações de transbordo;
- Melhor rastreabilidade das informações em todas as etapas do processo;
- Redução de custos com financiamento de estoques e armazenagem;
- Soluções logísticas mais eficientes para empresas de pequeno e médio porte;
- Melhoria na qualidade dos serviços prestados, entre outras.

O sucesso do transporte multimodal é uma ação crítica e por essa razão, alguns conglomerados, como a Comissão Européia, através de projetos de pesquisa e instrumentos financeiros, apóiam as políticas, projetos e desenvolvimento de ferramentas avançadas para a promoção desse tipo de transporte (TSAMBOULAS *et al.*, 2007).

No Brasil, o Governo Federal, através do PNLT, tenta diminuir, até 2025, o desequilíbrio da matriz de transporte brasileira, com investimentos em todos os modais de transporte, ajudando a construir novas estruturas que permitam o desenvolvimento do setor.

Outra forma de se melhorar os sistemas de transporte são os estudos e pesquisas acadêmicos, que propõem soluções para os sistemas reais. No entanto, esses estudos tendem para a utilização do transporte multimodal de *commodities*, porém há uma carência de pesquisas que utilizam o transporte multimodal para movimentar produtos manufaturados.

Dessa forma, estudos que visam utilizar o transporte multimodal para transporte de manufatura são importantes tanto para o desenvolvimento desse meio de transporte, como para o aumento da competitividade dos produtos manufaturados brasileiros em mercados externos.

2.9 Exportação de Produtos Manufaturados no Brasil

Com a implantação do Plano Nacional de Desenvolvimento I e II, compreendido entre o período de 1968 e 1979, houve avanço nos processos de diversificação da estrutura industrial brasileira, como parte de uma política voltada para o desenvolvimento econômico. Como consequência dessa política, houve mudanças na pauta de exportação brasileira, a qual restringia-se, em sua grande maioria, a *commodities*, além de atender somente a um número reduzido de mercados.

Essa mudança deve-se, em grande parte, a crescente participação de bens manufaturados, que aumentaram de 16% em 1971 para 38,8% em 1980. Devido à escassez de divisas, à política de desvalorização cambial e à alta inflação os investimentos em setores dinâmicos da indústria e infraestrutura ficam comprometidos na década de 80, mesmo com o crescimento das exportações nesse período (LAMONICA e FEIJÓ, 2011).

No entanto, a partir de 1990, a economia brasileira passou por mudanças na política comercial e na condução da política cambial, devido à abertura comercial e do plano de estabilização da economia em 1994, o que despertou a oportunidade de análise do comportamento da balança comercial frente as variações cambiais.

Vazquez (2003) afirma que o comércio exterior brasileiro tem sido um dos sustentadores da economia em anos de recessão desde 1993, colaborando, assim, para o crescimento do PIB em períodos conjunturais adversos.

É interessante considerar a evolução das exportações, por classe de produto e em valores absolutos, após a adoção de um novo modelo de política econômica em 1999, caracterizado por um regime de câmbio flutuante, por sistemas de meta de inflação e pela geração constantes de superávits primários (PAULA e MEYER, 2009). A Figura 2.22 apresenta essa evolução entre os anos de 1999 e 2006.

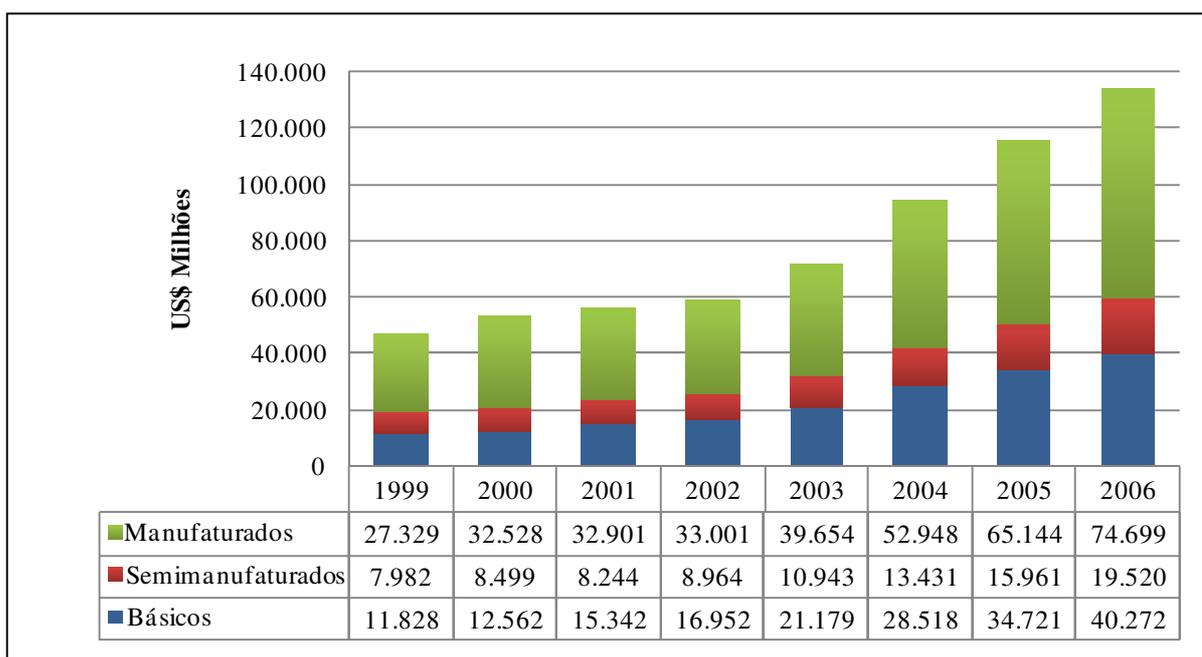


Figura 2.22 – Exportação por classe de produto em valor absoluto

Fonte: Paula e Meyer (2009)

Observa-se que existe um crescimento no total do valor exportado a partir de 2003, com aumentos significativos na exportação de manufaturados.

Castilho (2010) ressalta o crescimento das exportações compreendido entre os anos de 2003 e 2008, o qual foi superior a 20% a.a., com as exportações atingindo seu recorde histórico em 2008, com o valor de US\$ 197 bilhões.

Ainda de acordo com a autora, o coeficiente das exportações (exportações/PIB) alcançou a média de 12,9% entre 2003 e 2009, como demonstra a Tabela 2.2. Esse crescimento acarretou, também, a melhora da participação das exportações brasileiras no total mundial, atingindo 1,3%.

Embora tenha melhorado o índice, o Brasil permanece em um patamar baixo, ocupando a 24ª posição no *ranking* dos maiores exportadores (MDIC, 2010a).

Tabela 2.2 – Evolução das exportações brasileiras entre 1980 e 2009

| | Exportações | | Coeficiente de exportações ² (%) | Exp. Brasil/ Exp. Mundial (%) |
|---------|---------------------------|---------|--|-------------------------------------|
| | US\$ bilhões ¹ | % a. a. | | |
| 1980/84 | 22.5 | 7.6 | 10.1 | 1.2 |
| 1985/89 | 28.5 | 7.6 | 10.6 | 1.2 |
| 1990/94 | 36.2 | 8.5 | 8.1 | 1.0 |
| 1995/99 | 49.3 | 0.8 | 6.1 | 0.9 |
| 2000/02 | 57.9 | 4.7 | 9.8 | 0.9 |
| 2003/08 | 130.7 | 22.1 | 12.9 | 1.1 |
| 2009 | 153.0 | -22.7 | 9.7 | 1.3 |

Nota: ¹Média anual. ²Exportação sobre o PIB

Fonte: Castilho (2010)

Com a adoção das novas políticas econômicas e com a abertura comercial, as exportações brasileiras se intensificaram e se diversificaram no que diz respeito aos produtos e, principalmente, aos mercados, com a consolidação do MERCOSUL e a expansão das exportações para territórios chineses. Essas mudanças de mercado são resultado da participação dos produtos nacionais na pauta de importação dos parceiros comerciais do Brasil (PASIN, 2007).

A Figura 2.23 apresenta os principais mercados de destino das exportações do Brasil nos anos de 2008, 2009 e os primeiros cinco meses de 2010.

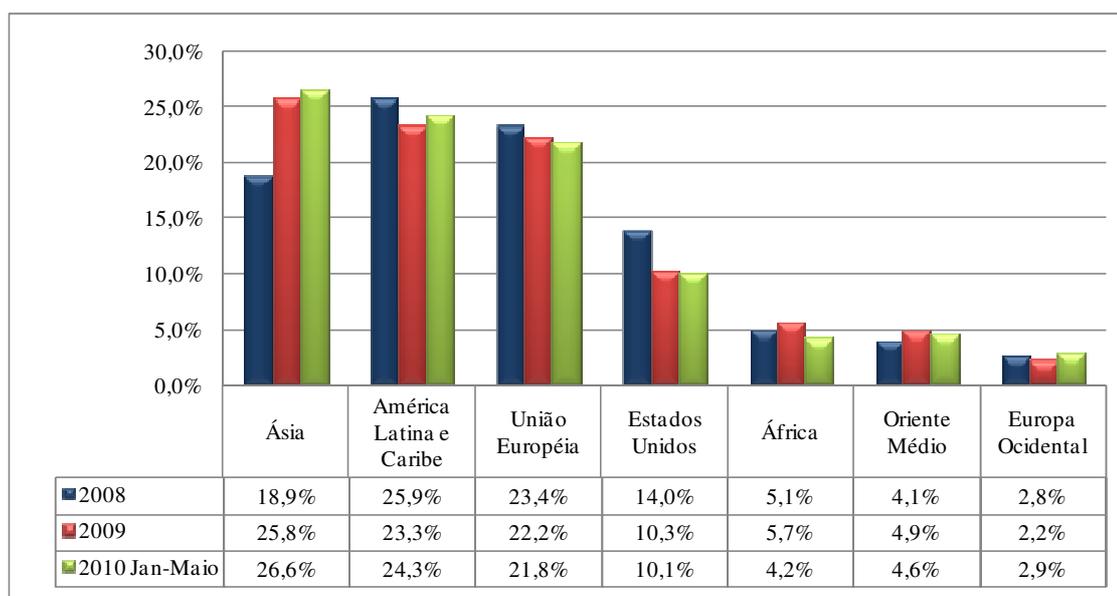


Figura 2.23 - Principais mercados de destino das exportações

Fonte: MDIC (2010b)

É possível observar que dentre os mercados de destino, destaca-se a Ásia, que garantiu a primeira posição de mercado comprador devido ao crescimento de 39,9%, superando América Latina e Caribe e a União Européia que também registraram aumento expressivo de 34,6% e 26,7%, respectivamente.

Levantamentos do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) demonstram a evolução das exportações brasileiras, entre 2001 e 2010, o que pode ser observado na Figura 2.24.

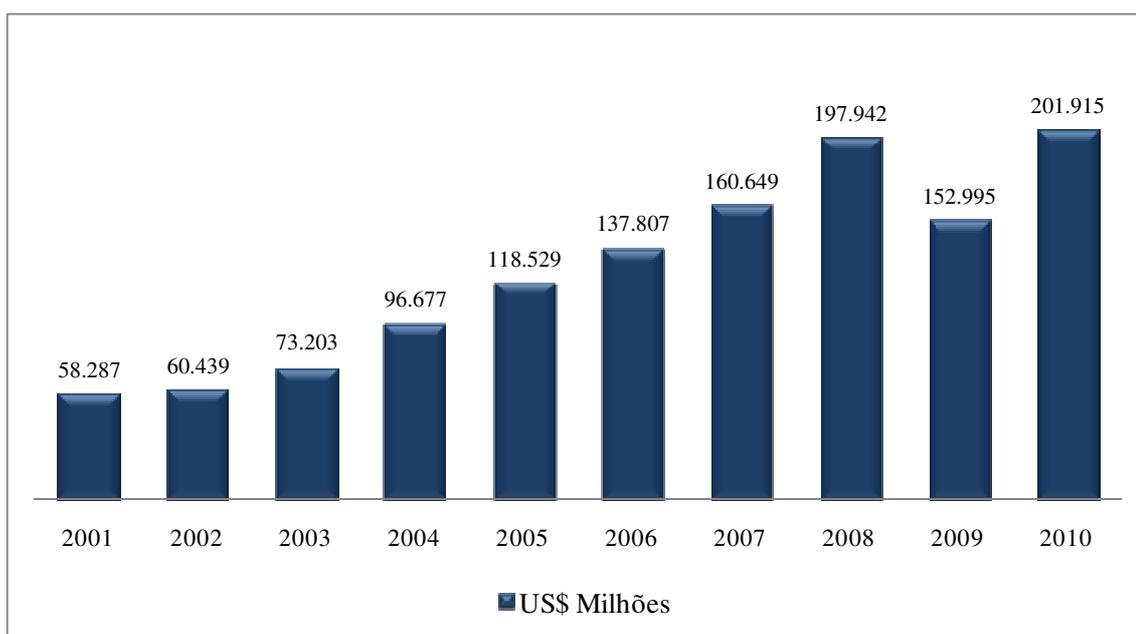


Figura 2.24 - Evolução das exportações

Fonte: MDIC (2011)

A retração observada no ano de 2009 deve-se à crise que atingiu o mercado mundial. A crise não foi responsável somente pela queda das exportações no Brasil, mas sim no mundo, como mostra a Figura 2.25, na qual é possível identificar que houve crescimento das exportações brasileiras até 2004, com crescimento positivo mesmo quando o percentual mundial foi negativo. A partir de 2005 os índices tiveram pouca variação e somente em 2009 o país obteve evolução negativa. No entanto, o crescimento das exportações já foi retomado em 2010.

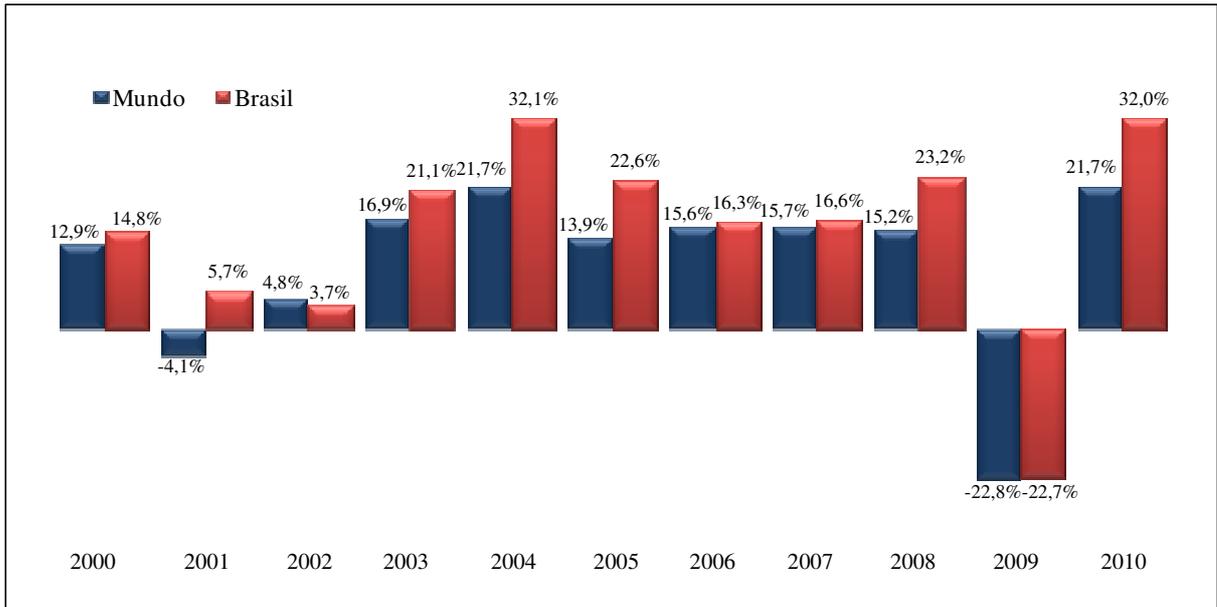


Figura 2.25 Evolução das exportações brasileiras e mundiais

Fonte: MDIC (2011)

Segundo Borça Jr. (2009), além da queda das atividades econômicas, a retração do comércio mundial pode ser explicada por dois fatores: o ressurgimento do protecionismo (encarecimento das linhas de financiamento ao comércio exterior e barreiras tarifárias) e a queda no preço das *commodities*.

De acordo com Sant'Anna *et al* (2009), a retração das exportações, em 2009, foi responsável, também, por metade da queda na produção industrial nos seis meses seguintes ao agravamento da crise internacional. A Figura 2.26 demonstra que a queda na indústria total foi pouco mais de 50%. No caso da indústria de transformação, com a queda das vendas ao exterior, a redução na produção foi de 55%.

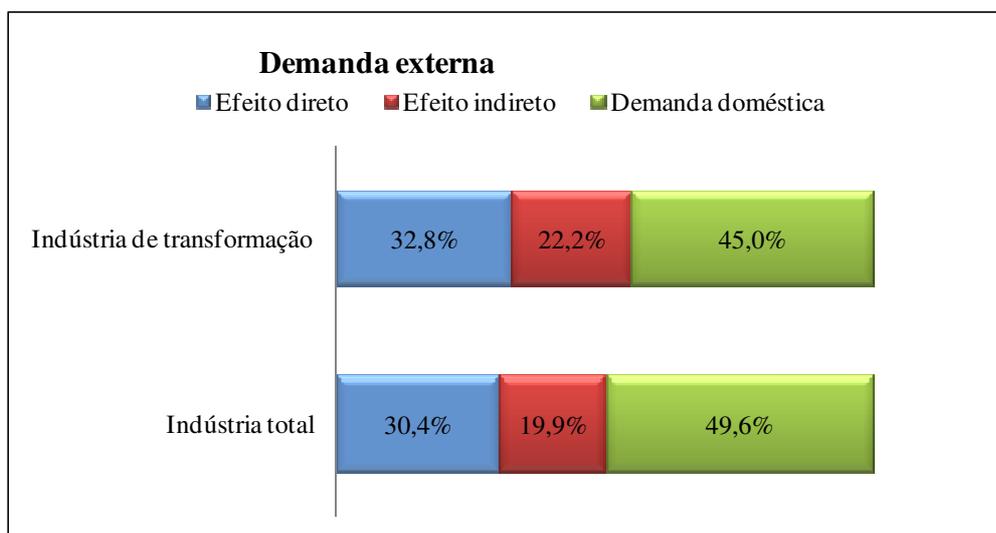


Figura 2.26 - Participação na queda da produção industrial

Fonte: Sant'Anna *et al* (2009)

Ao se detalhar ainda mais o efeito das exportações sobre a produção industrial por setor, separada nos efeitos direto e indireto, o que demonstra a Figura 2.27, pode-se observar que a demanda externa teve forte influência na queda da produção industrial na maioria dos setores, sendo responsável por mais da metade do ajuste da produção em 7 dos 16 setores analisados pelos autores (SANT'ANNA *et al*, 2009).

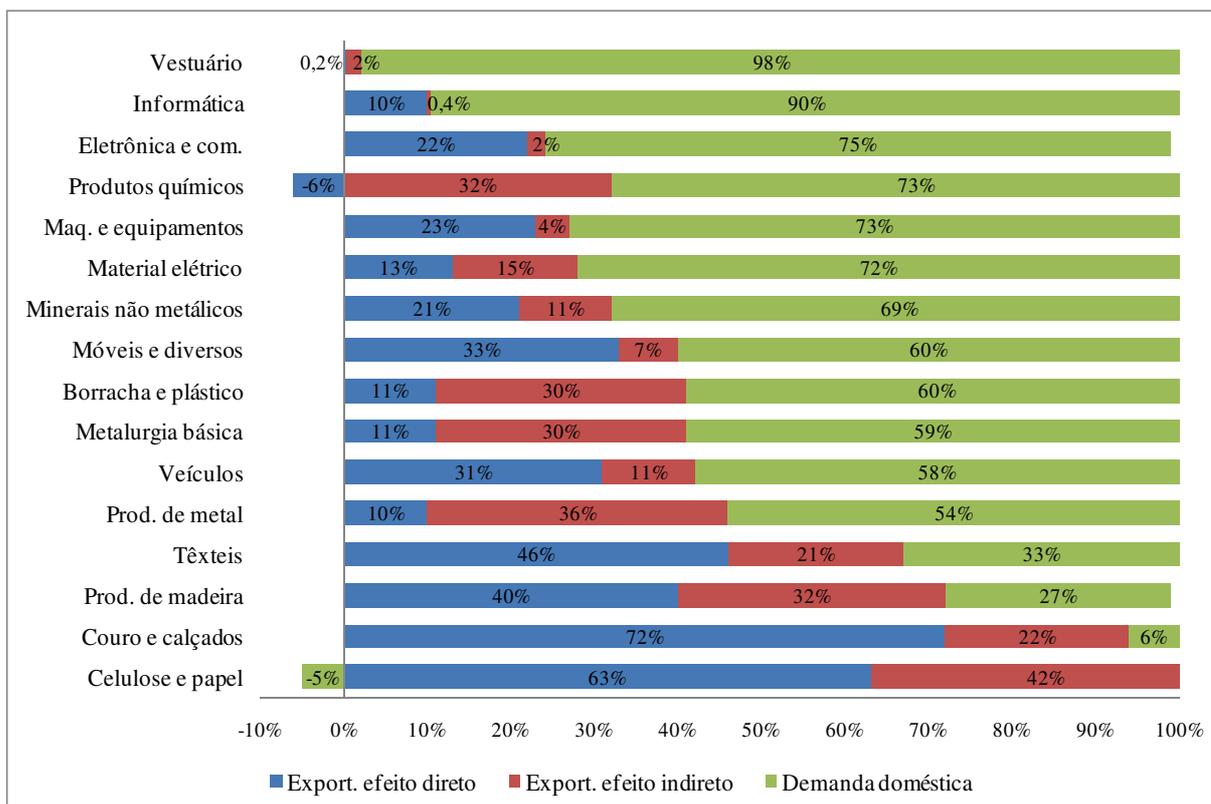


Figura 2.27 - Efeito das exportações sobre a produção industrial setorial

Fonte: Sant'Anna *et al* (2009)

Ainda de acordo com Sant'Anna *et al* (2009), o impacto das exportações sobre a produção foi muito maior do que era de se esperar ao se considerar apenas o efeito direto da queda das vendas ao exterior sobre cada setor.

Segundo Puga e Nascimento (2010), os setores voltados para produção de bens finais tiveram queda de 11% na produção, sendo que 74,9% dessa queda deve-se à redução das exportações brasileiras. Os autores afirmam, ainda, que a demanda externa tem papel fundamental para o desempenho da indústria brasileira.

Mesmo com a queda na produção industrial e com a retração das exportações, os bens industrializados ainda corresponderam por mais da metade (57,4%) do total exportado pelo Brasil em 2009 (BNDES, 2010a).

Essa diminuição do volume exportado pelo Brasil em 2009 refletiu, também, na participação das exportações no PIB brasileiro. De acordo com os dados apresentados na

Figura 2.28, houve, em 2009, redução de 2,53% na participação das exportações no PIB do Brasil em relação a 2008. Em 2010, houve um pequeno crescimento de 0,09%, em relação ao ano anterior, o que demonstra uma expectativa positiva na volta do crescimento das exportações.

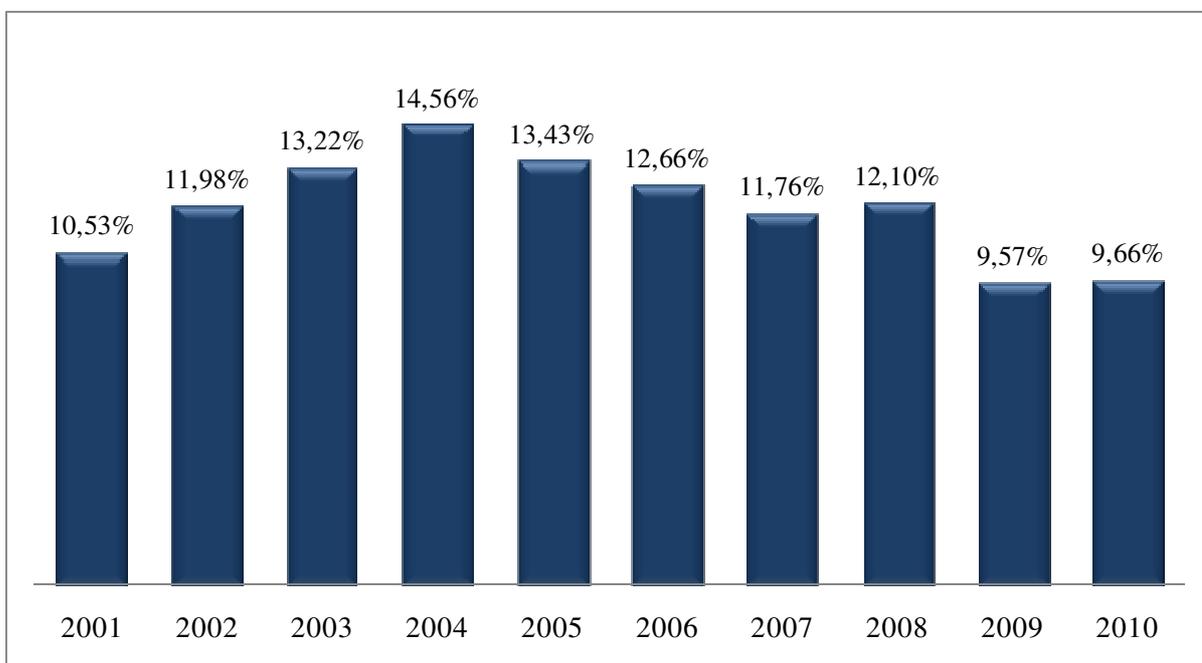


Figura 2.28 - Participação das exportações no PIB brasileiro
Fonte: MDIC (2011)

Em 2010, o comércio exterior brasileiro registrou corrente de comércio (soma das importações e das exportações) de US\$ 383,5 bilhões, com ampliação de 36,6% sobre o mesmo período de 2009, quando atingiu US\$ 280,7 bilhões (SECEX/MDIC, 2010a).

As exportações encerraram 2010 com US\$ 201,9 bilhões. Na comparação com 2009, as exportações cresceram 32%, o que pode ser observado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Evolução do comércio exterior brasileiro

| | 2010 | 2009 | $\Delta\%$ |
|----------------------|---------|---------|------------|
| Exportação | 201.915 | 152.995 | 32,0% |
| Importação | 181.649 | 127.722 | 42,2% |
| Saldo | 20.267 | 25.272 | -19,8% |
| Corrente de comércio | 383.564 | 280.717 | 36,6% |

Fonte: MDIC (2010a)

Esse crescimento indica a retomada de vendas externas do Brasil e a recuperação da economia nacional, após a crise econômica global de 2009. As vendas de produtos básicos cresceram 45,3%, enquanto os semimanufaturados e os manufaturados cresceram 37,6% e 18,1%, respectivamente (MDIC, 2010a).

Embora com o menor índice de crescimento nas vendas externas, os produtos manufaturados representam quase 40% do valor total exportado pelo Brasil, o que pode ser observado na Figura 2.29.

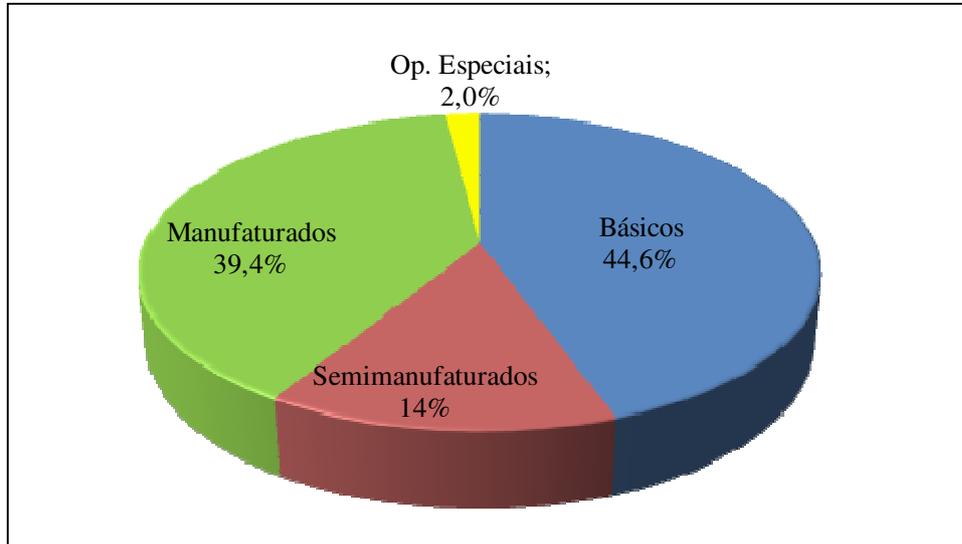


Figura 2.29 - Exportação por valor agregado em valor
Fonte: MDIC (2010a)

Isso demonstra a importância dos produtos manufaturados na balança comercial e no desenvolvimento econômico do Brasil. No entanto, o produto manufaturado precisa ser competitivo no mercado externo, não apenas pela qualidade, mas também pelo preço. Dessa forma, os custos precisam ser reduzidos, para que o produto brasileiro tenha melhor aceitação. O custo a ser reduzido nem sempre é o custo do produto em si, mas sim os que envolvem as atividades da pós-produção até o cliente final.

A grande dificuldade exportadora do Brasil não está relacionada com a falta de opções mercado, mas sim com as dificuldades encontradas para essa prática, tais como: problemas logísticos, altos custos de transporte, barreiras tributárias, falta de incentivos à exportação, entre outros.

O sistema portuário brasileiro, por exemplo, o mais utilizado na exportação, não alcança padrões de desempenho internacionais, o que penaliza bastante a competitividade dos produtos brasileiros no exterior (LIMA JR, 2004). Esses problemas são conhecidos como “custo Brasil”.

Segundo Mancuso (2007), “custo Brasil” é a expressão que passou a resumir o conjunto de fatores que prejudicam a competitividade das empresas do país diante de empresas situadas em outros países.

Goldenstein *et al.* (2006) afirmam que a distorção na matriz de transporte brasileira é um fator de perda de competitividade e contribui para o aumento do “custo Brasil”, na medida em que o modal rodoviário acaba por suprir as lacunas dos outros modais, predominando em muitas operações em que não é economicamente o mais adequado.

Alguns estudos têm sido desenvolvidas visando a redução do “custo Brasil”, principalmente no que se refere às alternativas de transporte, pois a exportação é de extrema importância para a economia de um país, pois o comércio internacional traz benefícios como: geração de emprego, renda e divisas para o país, permitindo ganhos de escala e competitividade para suas empresas (CATERMOL, 2008).

Uma das formas de se reduzir os custos no processo de exportação é utilizar o transporte multimodal, obtendo as vantagens de cada modal. No entanto, é preciso saber quais as melhores combinações.

Para auxiliar nessa escolha, muitos estudos na área de transportes têm utilizado a modelagem e simulação.

2.10 Modelagem e Simulação

Segundo Law e Kelton (2000), a modelagem e simulação envolvem experimentos em um modelo computacional baseado em um sistema real, no qual o modelo é usado para a experimentação. Geralmente uma forma de tentativa e erro é utilizada para demonstrar os efeitos de várias políticas. Assim o modelo de simulação é menor, mais barato e mais simples e sua finalidade é analisar e compreender o comportamento de um sistema como uma função de ações e cenários alternativos (CASSANDRAS E LAFORTUNE, 1999).

Garza-Reyes *et al.* (2010) afirmam que na simulação o sistema modelado pode ser examinado sob condições controladas e selecionadas, os quais não podem ser claramente praticáveis na maioria dos sistemas reais.

Chwif e Medina (2007) destacam que o desenvolvimento de um modelo de simulação deve seguir três passos, sendo eles:

- **Concepção ou formulação do modelo:** nesta etapa ocorre o entendimento do sistema a ser simulado. São necessárias discussões do problema com os especialistas para depois definir o escopo. Neste momento são também coletados os dados de entrada, certificando-se da importância que a qualidade destes tem em todo o modelo. Esta etapa resulta em um modelo conceitual;

- Implementação do modelo: nessa etapa, a partir do modelo conceitual é desenvolvido o modelo computacional. O modelo computacional deve então ser comparado frente ao modelo conceitual para sua avaliação, ou seja, se o modelo está condizente com o sistema real;
- Análise dos resultados do modelo: nesta etapa o modelo computacional está pronto para realização dos experimentos, passando a ser denominado modelo experimental. Depois de simulados, os resultados dos cenários obtidos são analisados e as conclusões e recomendações sobre o sistema poderão ser registradas.

Muitos autores descrevem os passos a serem seguidos para se conduzir estudos em simulação, porém quase todas apresentam os conceitos introduzidos por Mitroff *et al* (1974), que podem ser observados na Figura 3.1.

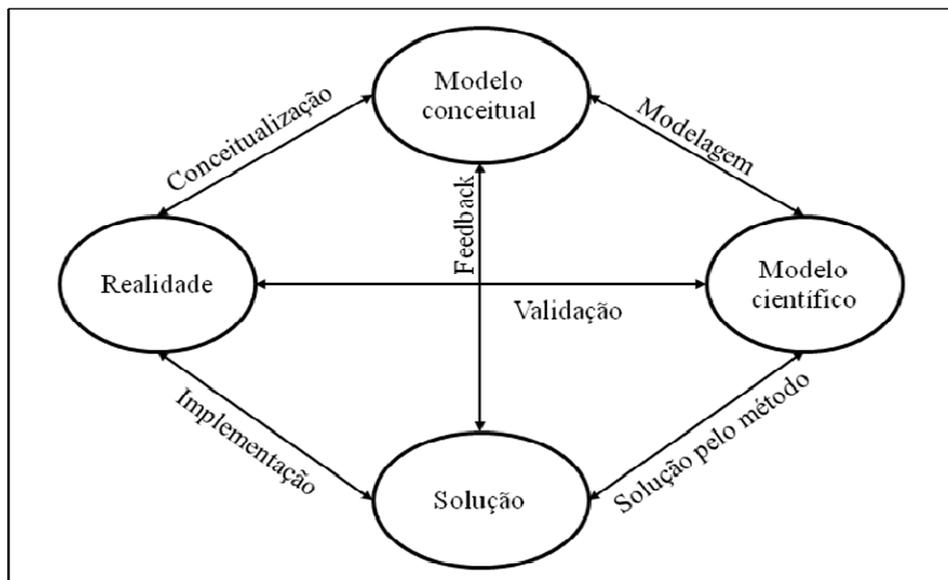


Figura 2.30 – Metodologia de Pesquisa
Fonte: Mitroff *et al.* (1974)

Segundo Mitroff *et al.* (1974), o ciclo é útil para dar uma visão geral do processo de resolução de um problema de pesquisa. A primeira fase é a construção do modelo conceitual com as variáveis a serem estudadas e o escopo do problema. Em seguida, o modelo científico é desenvolvido durante a modelagem. O próximo passo é a solução do modelo, no qual o modelo científico pode ser resolvido utilizando métodos matemáticos ou simulação computacional. A partir disso, os resultados alcançados pela solução do modelo científico são praticados através da fase de implementação.

Segundo Montevechi *et al.* (2003), as ferramentas de simulação foram desenvolvidas para estudar o impacto das mudanças, com o propósito de aumentar a competitividade, reduzir os custos e melhorar a qualidade dos produtos e serviços.

Nos estudos de transporte multimodal, a simulação é utilizada porque possibilita a construção de cenários com diferentes modais, cargas e valores em sistemas simulados (não reais) com o objetivo de reduzir os custos de transporte e otimizar os modais e os processos.

De acordo com Dotoli *et al.* (2010) a simulação tem representado um instrumento eficaz e útil para analisar a logística dos transportes e avaliar os impactos das soluções propostas.

Para analisar os resultados obtidos através da modelagem e simulação e auxiliar na tomada de decisão, alguns autores têm utilizado a análise multicritério, através da comparação par a par.

2.11 Análise Multicritério

A metodologia de comparação par a par foi desenvolvida pelo matemático Thomas Saaty, no final da década de 70, com uma técnica denominada de *Analytic Hierarchy Process* (AHP), com o objetivo de facilitar a solução de problemas complexos relacionados à tomada de decisão. O AHP prioriza a hierarquia e a consistência dos julgamentos dos dados fornecidos por um grupo de tomadores de decisão (HSU e CHEN, 2008).

De acordo com Saaty (2008), para tomar uma decisão de forma organizada e gerar prioridades é necessário decompor o processo de decisão nas seguintes etapas:

- 1) Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado;
- 2) Estruturar a hierarquia de decisão a partir do topo, com o objetivo da decisão, os critérios e os elementos até o nível mais baixo, que normalmente é um conjunto de alternativas;
- 3) Construir um conjunto de matrizes de comparação par a par;
- 4) Usar as prioridades obtidas das comparações para pesar as prioridades em cada nível, fazendo isso para cada elemento.

De acordo com Bandeira *et al.* (2010) a estrutura hierárquica é desenvolvida, modelando as relações entre o objetivo de decisão, critérios que traduzem o objetivo e alternativas de decisão, como demonstra a Figura 3.2.

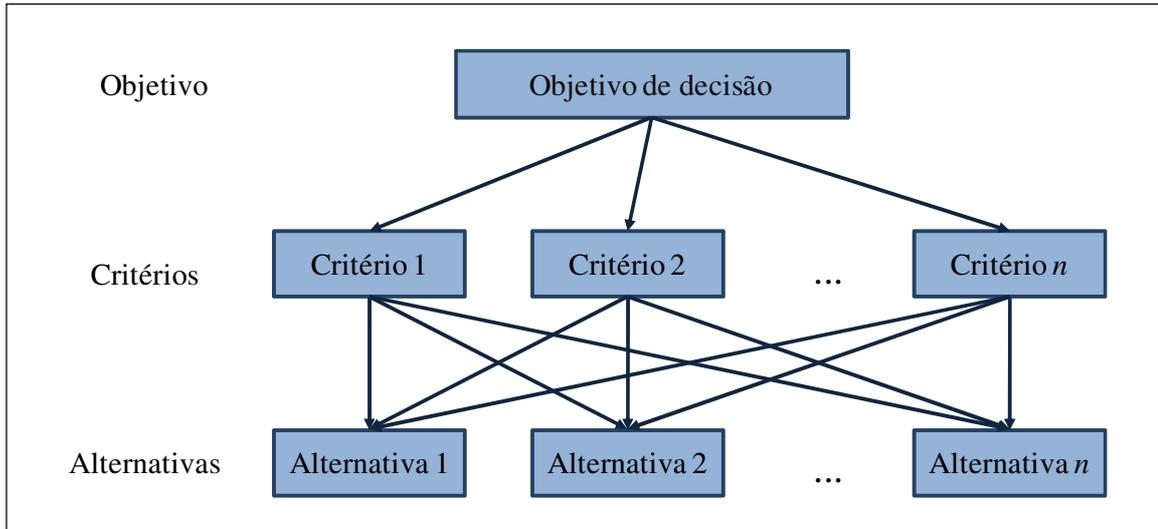


Figura 2.31 – Modelo hierárquico utilizado pela técnica AHP

Fonte: Bandeira *et al.* (2010)

De acordo com Lima (2007), “o processo que envolve o apoio à decisão é, na maioria das vezes, multidisciplinar, multi-objetivo e multicritério, praticamente impossibilitando o planejador chegar sozinho a uma decisão que atenda aos interesses de todos, seja livre de preconceitos e que não privilegie algumas forças de mercado”.

A comparação par a par, entre os n critérios, é realizada a partir de uma matriz quadrada $n \times n$, na qual os critérios estão dispostos na mesma ordem ao longo das linhas e das colunas. Portanto, o valor a_{ij} representa a importância do critério da linha i em relação ao critério da coluna j , conforme a Equação 3.1.

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \text{ para } i \neq j \quad \text{e} \quad a_{ij} = 1, \text{ para } i = j \quad (3.1)$$

Trata-se de uma matriz recíproca e isso implica que apenas a metade triangular superior direita da matriz necessita ser avaliada, já que a outra metade deriva desta e a diagonal principal assume valores unitários. O desenvolvimento das comparações par a par de critérios exige a adoção de uma escala que expresse e possibilite a normalização dos julgamentos efetuados (LIMA, 2007).

Saaty (2008) indica a utilização de uma tabela com valores numéricos escalonados, a qual representa quantas vezes um elemento é mais importante do que o outro elemento, para um determinado critério de comparação. Essa escala é apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 2.4 – Escala de comparação de critérios

| Intensidade de importância | Definição | Explicação |
|--------------------------------------|--|---|
| 1 | Mesma importância | As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo |
| 3 | Importância pequena de uma sobre a outra | A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra |
| 5 | Importância grande | A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra |
| 7 | Importância muito grande | Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática |
| 9 | Importância absoluta | A evidência favorece uma atividade em relação a outra com o mais alto grau de certeza |
| 2, 4, 6, 8 | Valores intermediários entre os valores adjacentes | Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições |
| Recíprocos dos valores acima de zero | Se uma atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparado com a atividade j , então j tem um valor recíproco quando comparado com i . | Uma designação razoável |

Fonte: Saaty (2008)

Depois de determinar a escala de valores para preenchimento da matriz, é necessário a determinação dos pesos de cada critério. Para determinar esses pesos Lima (2007) utiliza duas etapas em seu estudo. Na primeira etapa é construída a matriz de comparação par a par, na qual os critérios são colocados na mesma ordem nas linhas e nas colunas da matriz, que é preenchida de acordo com a escala. Deste modo, define-se a matriz $A=[a_{ij}]$.

Na segunda etapa os pesos são calculados para cada critério definido. Depois de definida a matriz $A=[a_{ij}]$ e realizada a avaliação dos pesos que expressam o julgamento de cada especialista, calcula-se o peso final de cada critério para o processo de decisão. Esta etapa conta com o cálculo do *eigenvector* principal e o cálculo do máximo *eigenvalue*. Portanto, para qualquer matriz A pode-se calcular o vetor w pela resolução da Equação 3.2.

$$A_w = \lambda_{m\acute{a}x} w \quad (3.2)$$

Onde:

- A : matriz de comparação par a par;
- w : vetor de pesos pretendidos;
- $\lambda_{m\acute{a}x}$: máximo *eigenvector* da matriz A .

Depois de ter determinado o peso de cada critério, o processo AHP permite calcular o Grau de Consistência (CR - *Consistency Ratio*) dos julgamentos efetuados. O Grau de Consistência é determinado através da Equação 3.3.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.3)$$

Onde:

- CI: Índice de Consistência (*Consistency Index*);
- RI: Índice de Aleatoriedade (*Random Index*).

O Índice de Consistência é determinado pela Equação 3.4. Já os índices de aleatoriedade são valores tabelados, gerados através do cálculo do valor médio de CI obtido para matrizes recíprocas geradas aleatoriamente (Tabela 3.2).

$$CI = \frac{(\lambda_{máx} - n)}{(n - 1)} \quad (3.4)$$

Tabela 2.5 – Índice de Aleatoriedade (RI)

| <i>n</i> | RI | <i>n</i> | RI | <i>n</i> | RI |
|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
| 1 | 0,00 | 6 | 1,24 | 11 | 1,51 |
| 2 | 0,00 | 7 | 1,32 | 12 | 1,48 |
| 3 | 0,58 | 8 | 1,41 | 13 | 1,58 |
| 4 | 0,90 | 9 | 1,45 | 14 | 1,57 |
| 5 | 1,12 | 10 | 1,49 | 15 | 1,59 |

Fonte: Lima (2007)

Caso o CR seja superior a 0,1, é indicado que se faça uma reavaliação dos julgamentos realizados, pois pode haver inconsistências na comparação par a par (LIMA, 2007).

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo classificar a pesquisa e descrever as etapas e procedimentos do método, dentre eles a coleta de dados. De posse dos dados, os cenários são modelados para serem posteriormente simulados e comparados.

3.1 Classificação da pesquisa

A presente dissertação é uma pesquisa quantitativa em Engenharia de Produção, com foco no transporte multimodal de manufaturas com destino à exportação. A pesquisa quantitativa é aquela que envolve modelos de relações casuais entre variáveis de controle e variáveis de desempenho, as quais são desenvolvidas, testadas e analisadas (BERTRAND e FRANSOO, 2002).

No que se refere à natureza é aplicada, pois foi desenvolvida dentro de uma empresa, em um problema específico de transporte. De acordo com Silva e Menezes (2005), uma pesquisa de natureza aplicada tem por objetivo gerar conhecimento para a aplicação prática, dirigidos a solução de problemas específicos.

Com relação ao objetivo, trata-se de uma pesquisa descritiva, pois descreve as características de um determinado fenômeno (GIL, 1999). É a descrição das características do objeto de estudo e dos processos operacionais relativos ao transporte multimodal.

O método adotado é a modelagem e simulação. A simulação é a imitação das operações de um processo do mundo real e envolve a geração de uma história artificial desse sistema, observando todas as características do sistema real, a fim de solucionar os problemas desse sistema. Esse método é utilizado para descrever e analisar o comportamento de um sistema real, através da questão “*what if*” (BANKS, 2000).

Nessa dissertação, a forma como o método é abordado, difere-se do que normalmente é encontrado na literatura em engenharia de produção, pois nesse caso não será utilizado um *software* específico de simulação, uma vez que não há busca pela otimização.

A modelagem será feita a partir das principais alternativas para o transporte multimodal de carga manufaturada com destino à exportação em uma região específica. Depois de identificadas essas alternativas, será feita a simulação das rotas e das combinações possíveis para a utilização do transporte multimodal da empresa até o modal utilizado para a exportação. Não será considerado, nessa dissertação, o transporte internacional da carga,

porém os tempos e os custos referentes a liberação da carga para embarque e exportação são considerados, caracterizando, assim, a operação multimodal.

3.2 Etapas e procedimentos

3.2.1 Escolha do objeto de estudo

Para que os cenários fossem modelados e a simulação realizada, foi preciso encontrar uma empresa que atendesse as características para o desenvolvimento da presente pesquisa.

Essas características eram:

- Produzir manufatura;
- Ser exportadora;
- Estar localizada em uma região que possua características para utilização da multimodalidade;
- Disponibilizar as informações necessárias.

Com base nessas características foi escolhida uma empresa multinacional, com 147 subsidiárias distribuídas em 53 países, que emprega 177 mil colaboradores. Atua em diversos seguimentos, como: química, energia, telecomunicações, maquinaria, metais, finanças e serviços. No Brasil, possui duas fábricas, uma em Manaus (AM) e outra em Taubaté (SP) e atua nos seguimentos de eletrodomésticos, eletrônicos e celulares. Na fábrica de Taubaté (SP) são produzidos monitores, *notebooks* e celulares. Esses produtos são exportados para países da América Latina (Argentina, Paraguai, Uruguai, Equador e Peru).

Atualmente, a empresa utiliza as combinações rodo-marítimo e rodo-aéreo para transportar os seus produtos até o cliente final. Além disso, em alguns casos a empresa utiliza somente o transporte rodoviário até o cliente final, que nesses casos localiza-se na Argentina.

Os produtos exportados na combinação rodo-aéreo são celulares, devido ao alto valor agregado e baixo peso do produto. Já a exportação de monitores é feita pela combinação rodo-marítimo, em razão do peso mais elevado do produto. O produto *notebook* não é exportado.

Para a empresa, duas variáveis são de extrema importância para o transporte dos produtos, são elas:

- Tempo: refere-se ao tempo gasto para que o produto chegue da empresa até o cliente final. Essa variável é importante porque o tempo entre o final da produção e a entrega para o cliente é extremamente curto, pois não há produto em estoque e a empresa enfrenta muitos problemas com imprevistos;

- Custo: refere-se ao custo total do processo e deve ser reduzido, pois o produto possui alto valor agregado, e altos custos no seu transporte aumentaria ainda mais o preço final para o cliente.

Tais informações foram obtidas por meio de entrevista e observações diretas no objeto de estudo.

3.2.2 Coleta de dados

Para atender as necessidades da empresa, foram definidos os dados necessários para que os cenários fossem modelados. No que se refere ao tempo, as variáveis consideradas foram:

- Tempo em trânsito: tempo gasto da fábrica até o porto ou o aeroporto. Os tempos foram determinados através de informações coletadas em empresas transportadoras de grande porte. As rotas identificadas foram enviadas a essas empresas por email, as quais responderam com as informações sobre as velocidades médias consideradas em cada uma das vias utilizadas, obtendo, dessa forma, o tempo em trânsito para cada um dos cenários;
- Tempo de transbordo: tempo gasto para efetuar a mudança da carga de um modal para o outro. Nesse caso, será considerado somente na transferência do modo rodoviário para o ferroviário nos terminais multimodais. A informação referente ao tempo de transbordo foi obtido junto à empresa ferroviária que opera na região;
- Tempo de expedição: refere-se ao tempo gasto para efetuar os trâmites aduaneiros para liberação da carga para exportação. Os tempos de liberação foram coletados em empresas de despacho aduaneiro e na administração dos portos e aeroportos. Em todos os cenários o ponto inicial (origem) é a empresa e o ponto final (destino) é o porto ou o aeroporto.

Para a simulação dos cenários de custo foram considerados somente os custos diretos para a movimentação da carga, pois de acordo com a empresa, esses são os de maior relevância para a tomada de decisão sobre qual rota utilizar. Corroborando com a opinião dos especialistas da empresa, Kreutzberger (2008) afirma que os custos diretos são claramente os mais importantes no sistema de transporte intermodal. Diante disso, as variáveis consideradas foram as seguintes:

- Frete: valor pago para transportar a carga de monitores da fábrica até o porto, e para transportar a carga de celulares até o aeroporto. Esse valor é calculado pela

multiplicação da distância (em quilômetros) pelo valor do quilômetro rodado, definido por empresas de transporte. Os valores utilizados no cálculo foram obtidos junto às empresas de transporte rodoviário e ferroviário;

- Pedágio: valor pago nas praças de pedágio das rodovias utilizadas. O cálculo é feito pela somatória dos pedágios das rodovias, multiplicado pelo número de eixos do caminhão utilizado. Os valores foram coletados em nas concessionárias que operam as rodovias utilizadas na simulação;
- Seguro: valor pago para segurar a carga em caso de roubo ou danos. Na empresa em estudo esse valor é calculado através de um índice multiplicado pelo valor da carga. Os índices para o transporte rodoviário e ferroviário foram obtidos em corretoras de seguro. Ao ser apresentado no estudo, os valores reais foram multiplicados por uma constante para preservar a confidencialidade da empresa, porém foi mantida a proporcionalidade entre eles;
- Aluguel do *container*: valor pago para o aluguel do container onde os monitores serão transportados. Nesse caso serão considerados os casos de sobreestadia do *container* (*detention*), pois normalmente as companhias marítimas, ao serem contratadas, fornecem o *container* ao exportador e estipulam um prazo de utilização, o qual, normalmente, é de 10 dias corridos. Após esse período é cobrado uma taxa diária pela sua utilização. Nas planilhas de simulação é apresentado o valor diário dessa taxa. Esse valor foi obtido junto às empresas de transporte marítimo. É importante ressaltar que o *container* só é utilizado para exportação utilizando os portos;
- Tarifa portuária ou aeroportuária: valor pago pela utilização dos serviços portuários e aéreos. Os valores para a tarifa aeroportuária são tabelados pela Infraero, que administra os aeroportos utilizados no presente estudo. Já as tarifas portuárias são fixadas pelos administradores de cada porto separadamente.

Para efetuar a modelagem dos cenários, foram identificadas as principais rotas desde a empresa até os portos e aeroportos localizados na região. Em cada um deles foi identificada, através do *Google maps*, a distância total do trajeto. No entanto, os tempos obtidos pelo programa não foram considerados para esse estudo, pois nessas informações são consideradas as velocidades médias das vias, a que não é de fato desenvolvida pelos veículos. Dessa forma, os tempos de cada uma das rotas foram calculados através das velocidades médias obtidas junto às empresas de transporte.

3.2.3 Modelagem dos cenários

Os cenários construídos neste trabalho buscam fornecer subsídios para comparação e análise entre as opções de transporte de cargas manufaturas utilizando a multimodalidade.

As simulações foram divididas em grupos de cenários (detalhados no Capítulo 4: aplicação da modelagem e simulação), cujas principais características são descritas a seguir:

- Transporte rodoviário/marítimo: foram identificadas as rotas possíveis de serem praticadas para transportar os monitores da empresa até os portos de Santos (SP), Itaguaí (RJ) e São Sebastião (SP). É importante ressaltar que a exportação é feita utilizando *containers* de 20' e 40'. Os *containers* são transportados com a carga total e não existem pontos de coletas fora da empresa.;
- Transporte rodoviário/aéreo: foram identificadas as rotas possíveis de serem praticados para transportar os celulares da empresa até os de Guarulhos (Cumbica/SP), Campinas (Viracopos/SP) e São José dos Campos (SP). É importante ressaltar que para o seu transporte são utilizados *pallets* e não existem pontos de coleta ao longo do caminho. Dessa forma, o caminhão sai com carga total da empresa;
- Transporte rodoviário/ferroviário/marítimo: como existe uma ferrovia disponível na região, foram consideradas as rotas praticáveis para transporte dos monitores da empresa até os portos de Santos (SP) e Itaguaí (RJ). Nesse caso, a exportação também é feita utilizando *containers* de 20' e 40'. Os *containers* são transportados com a carga total e não existem pontos de coletas fora da empresa. O terminal multimodal utilizado para transbordo localiza-se na cidade de Caçapava (SP). Como o produto celular é exportado somente pelo modal aéreo não foram considerados cenários utilizando a ferrovia para esse produto.

3.3.4 Análise geral dos resultados

Após a definição e simulação dos cenários, foi realizada uma análise multicritério, através da comparação par a par, separadamente para tempo e custo. No entanto, como um dos objetivos desse trabalho é auxiliar na tomada de decisão da empresa, foi realizada, também, uma análise comparando as alternativas de tempo e custo de forma conjunta, a fim de estabelecer qual a melhor alternativa para o transporte multimodal de cargas manufaturadas com destino à exportação.

4. SIMULAÇÃO E ANÁLISE DOS CENÁRIOS

Nesse capítulo, inicialmente, a região onde se localiza o objeto de estudo é contextualizada. Posteriormente os dados obtidos pela simulação de cada cenário são analisados, separadamente para tempo e custo, utilizando a análise multicritério (AHP). Por último, são realizadas as análises, considerando tempo e custo de forma conjunta, para identificar a melhor opção de transporte multimodal de cargas manufaturadas para a empresa, segundo os pesos dos especialistas.

4.1 Caracterização da região do Vale do Paraíba

A formação de uma sociedade urbano-industrial, na região do Vale do Paraíba iniciou-se no período pós-Segunda Guerra Mundial, quando ocorreu um crescimento econômico sem precedentes na história do capitalismo, período em que o Vale do Paraíba tornou-se grande eixo de crescimento do Estado de São Paulo (OLIVEIRA e QUINTAIROS, 2011). A região recebeu investimentos públicos, com vistas na busca pela autonomia tecnológica. O local foi inserido no contexto de lugares aptos ao desenvolvimento científico e tecnológico de setores estratégicos, como aeronáutico e de armamentos, por exemplo (SOUZA e COSTA, 2010).

Segunda a Revista Construção e Mercado (2009), o Vale do Paraíba possuiu uma localização privilegiada, tomando boa parte do eixo Rio-São Paulo, e por isso tem se notabilizado como pólo de atração de indústrias.

A proximidade do mercado consumidor das duas capitais faz da região um ponto estratégico para o desenvolvimento industrial. Soma-se a isso o fácil acesso aos portos do litoral paulista e carioca, aos aeroportos e a boa infraestrutura viária que, além das rodovias Presidente Dutra e Governador Carvalho Pinto, conta com diversas estradas de menor porte.

A região abrange uma área de 16.268 km², distribuídos em 33 municípios, como demonstra a Figura 4.1, e tem, segundo o IBGE, (2010), uma população de 2.212 milhões de habitantes, correspondente a 5,37% da população do Estado de São Paulo. A região possuiu, ainda, 3.659 unidades industriais, 12.806 estabelecimentos comerciais e 12.110 unidades de serviço.

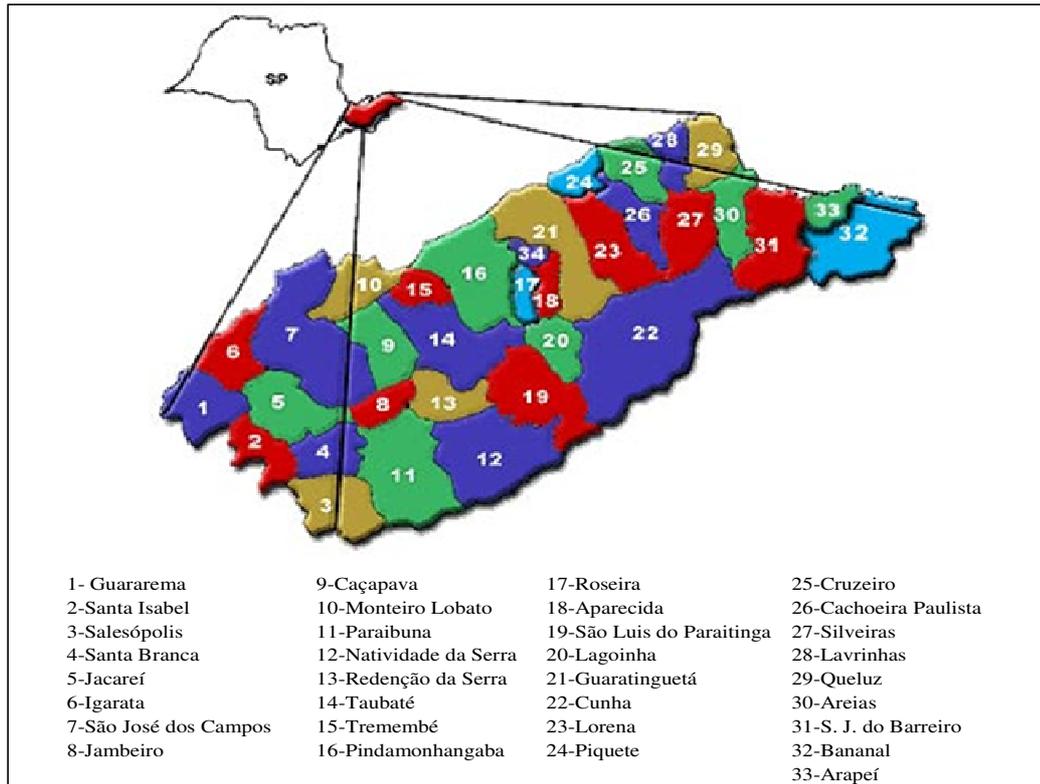


Figura 4.1 - Vale do Paraíba

Fonte: Mirante45 (2010)

4.2 Construção e simulação dos cenários para o produto monitor

Dentro das necessidades da empresa, foram identificados quais caminhos poderiam ser utilizados para o transporte multimodal de cargas manufaturadas. Foram considerados os meios disponíveis na região, tanto os utilizados, quanto os não utilizados pela empresa.

Dentre os meios disponíveis foram considerados, também, o tipo de caminhão utilizado para cada o transporte. Para a exportação de monitor, que é feita através de *containers*, o caminhão utilizado é o porta-*container* na combinação rodoviário/marítimo, e o trem de cargas na combinação rodoviário/ferroviário/marítimo.

Na combinação rodoviário/marítimo foram identificadas três possibilidades, de acordo com a infraestrutura existente na região, sendo elas: porto de Santos (SP), porto de Itaguaí (RJ) e porto de São Sebastião (SP). Para essa combinação foram gerados dez cenários, nos quais a empresa é a origem e o porto é o destino final.

Na combinação rodoviário/ferroviário/marítimo foram consideradas duas possibilidades: porto de Santos (SP) e porto de Itaguaí (RJ). No caso da utilização da ferrovia, o terminal multimodal considerado foi o localizado na cidade de Caçapava (SP).

É importante ressaltar que nesse estudo não foi considerado o transporte internacional, porém todos os processos, tempos e custos até o embarque da carga no modal marítimo foram coletados e simulados. A Tabela 4.1 apresenta os cenários de exportação possíveis para cada um dos portos.

Tabela 4.1 – Cenários do transporte multimodal para os portos

| Cenários | Via | Porto |
|-----------------|---|--------------------|
| 1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos (SP) |
| 2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos (SP) |
| 3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos (SP) |
| 4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos (SP) |
| 5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriça) | Santos (SP) |
| 6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriça) | Santos (SP) |
| 7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí (RJ) |
| 8 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí (RJ) |
| 9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí (RJ) |
| 10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | São Sebastião (SP) |
| 11 | Rod. Pres. Dutra – Ferrovia MRS | Santos (SP) |
| 12 | Rod. Pres. Dutra – Ferrovia MRS | Itaguaí (RJ) |

4.2.1 Simulação dos cenários quanto ao tempo

Para simular os cenários foi utilizado o *Google Maps*, o qual permitiu identificar a distância das rotas. Os tempos em trânsito foram determinados através de informações coletadas em empresas transportadoras, referentes às velocidades médias consideradas em cada uma das vias utilizadas, obtendo, dessa forma, o tempo em trânsito para cada um dos cenários. Os tempos de liberação foram coletados em empresas de despacho aduaneiro e o tempo de transbordo no modal ferroviário foi obtido junto à empresa MRS Logística.

Com a simulação dos cenários, foram obtidos os valores dos tempos para cada um dos cenários, como demonstra a Tabela 4.2 para a combinação rodoviário/marítimo e a Tabela 4.3 para a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo. Os valores referentes ao tempo são dados em minutos.

Tabela 4.2 – Cenários do produto monitor quanto ao tempo para a combinação rodoviário/marítimo

| Cenários | Distância (km) | Velocidade (média) | Tempo em trânsito (minutos) | Tempo de liberação (minutos) |
|----------|----------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 197 | 50 | 236 | 1.440 |
| 2 | 203 | 55 | 221 | 1.440 |
| 3 | 297 | 50 | 356 | 1.440 |
| 4 | 305 | 45 | 407 | 1.440 |
| 5 | 194 | 45 | 259 | 1.440 |
| 6 | 198 | 50 | 238 | 1.440 |
| 7 | 281 | 50 | 337 | 1.440 |
| 8 | 314 | 45 | 419 | 1.440 |
| 9 | 303 | 45 | 404 | 1.440 |
| 10 | 138 | 50 | 166 | 720 |

Observa-se que o tempo de liberação, no cenário 10, que utiliza o porto de São Sebastião, é a metade do que os praticados nos outros portos.

Tabela 4.3 – Cenários do produto monitor quanto ao tempo para a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo

| Via | Distância Rodoviária (km) | Tempo em trânsito rodoviário | Tempo de transbordo | Distância Ferroviária (km) | Tempo em trânsito ferroviário | Tempo total de percurso | Tempo de liberação |
|------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Ferrovia MRS - Santos | 16 | 19 | 240 | 145 | 290 | 549 | 1.440 |
| Ferrovia MRS - Itaguaí | 16 | 19 | 240 | 343 | 686 | 945 | 1.440 |

A velocidade média considerada para a ferrovia é de 30 km/h

Observa-se que a distância rodoviária, o tempo em trânsito rodoviário e o tempo de transbordo são iguais para os dois portos, pois o terminal multimodal de cargas utilizado nos dois casos é o mesmo.

4.2.2 Simulação dos cenários quanto ao custo

Para a simulação referente ao custo, foram considerados os dois tipos de *containers* utilizados pela empresa para exportar monitores pelo modal marítimo, sendo eles de 20” e 40”. Considerando a exportação feita pelo *container* de 20”, foram obtidos os custos para cada um dos cenários, como demonstra a Tabela 4.4. Os valores são apresentados em reais (R\$).

Tabela 4.4 – Cenários do produto monitor quanto ao custo para *container* de 20”

| Cenários | Frete | Pedágio | Seguro | Aluguel container | Tarifa portuária | Total |
|----------|----------|---------|----------|-------------------|------------------|----------|
| 1 | 1.289,50 | 86,40 | 4.200,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.450,04 |
| 2 | 1.310,50 | 88,20 | 4.200,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.472,84 |
| 3 | 1.639,50 | 33,90 | 4.200,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.747,54 |
| 4 | 1.667,50 | 28,20 | 4.200,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.769,84 |
| 5 | 1.279,00 | 79,50 | 4.200,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.432,64 |
| 6 | 1.293,00 | 80,40 | 4.200,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.447,54 |
| 7 | 1.583,50 | 82,80 | 4.200,00 | 44,80 | 1.323,90 | 7.235,00 |
| 8 | 1.699,00 | 27,60 | 4.200,00 | 44,80 | 1.323,90 | 7.295,30 |
| 9 | 1.660,50 | 27,60 | 4.200,00 | 44,80 | 1.323,90 | 7.256,80 |
| 10 | 1.083,00 | 5,70 | 4.200,00 | 44,80 | 1.073,70 | 6.407,20 |
| 11 | 528,22 | 0,00 | 4.920,00 | 44,80 | 1.829,34 | 7.322,36 |
| 12 | 886,99 | 0,00 | 4.920,00 | 44,80 | 1.323,90 | 7.175,69 |

Verifica-se que o custo, referente ao frete, dos cenários que utilizam a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo são mais baratos que aqueles que utilizam somente o modal rodoviário.

Essas opções são mais interessantes, também, no que se refere ao pedágio, pois na ferrovia não há incidência dessas tarifas. No entanto, os valores de seguro são mais elevados, pois o índice das seguradoras é maior quando se utiliza o modal ferroviário. A menor tarifa portuária é paga no porto de São Sebastião e a maior no porto de Santos.

Para a simulação, considerando a exportação feita pelo *container* de 40”, foram obtidos os custos para cada um dos cenários, como demonstra a Tabela 4.5. Os valores são expressos em reais (R\$).

Tabela 4.5 – Cenários do produto monitor quanto ao custo para *container* de 40”

| Cenários | Frete | Pedágio | Seguro | Aluguel container | Tarifa portuária | Total |
|----------|----------|---------|----------|-------------------|------------------|-----------|
| 1 | 1.289,50 | 86,40 | 8.400,00 | 92,80 | 1.829,34 | 11.698,04 |
| 2 | 1.310,50 | 88,20 | 8.400,00 | 92,80 | 1.829,34 | 11.720,84 |
| 3 | 1.639,50 | 33,90 | 8.400,00 | 92,80 | 1.829,34 | 11.995,54 |
| 4 | 1.667,50 | 28,20 | 8.400,00 | 92,80 | 1.829,34 | 12.017,84 |
| 5 | 1.279,00 | 79,50 | 8.400,00 | 92,80 | 1.829,34 | 11.680,64 |
| 6 | 1.293,00 | 80,40 | 8.400,00 | 92,80 | 1.829,34 | 11.695,54 |
| 7 | 1.583,50 | 82,80 | 8.400,00 | 92,80 | 1.323,90 | 11.483,00 |
| 8 | 1.699,00 | 27,60 | 8.400,00 | 92,80 | 1.323,90 | 11.543,30 |
| 9 | 1.660,50 | 27,60 | 8.400,00 | 92,80 | 1.323,90 | 11.504,80 |
| 10 | 1.083,00 | 5,70 | 8.400,00 | 92,80 | 1.073,70 | 10.655,20 |
| 11 | 839,70 | 0,00 | 9.840,00 | 92,80 | 1.829,34 | 12.601,84 |
| 12 | 1.455,84 | 0,00 | 9.840,00 | 92,80 | 1.323,90 | 12.712,54 |

Observa-se que os preços referentes ao frete, para a combinação rodoviário/marítimo são os mesmos que os praticados para a exportação do *container* de 20”, pois o caminhão e as rotas são as mesmas. No entanto, quando se utiliza a ferrovia, os valores para transporte do *container* de 40” são superiores. Com isso, somente o frete da combinação rodoviário/ferroviário/marítimo para o porto de Santos é menor do que os praticados na utilização somente da rodovia.

Para a análise dos dados obtidos foi utilizado uma ferramentas de apoio à decisão, a metodologia de análise multicritério, no intuito de contribuir para a escolha do melhor cenário, dentre todos os simulados. Devido à sua simplicidade e aplicabilidade em transportes, o método que será utilizado para a análise é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Na aplicação do AHP, cada cenário simulado passa a ser considerado uma alternativa de decisão.

4.3 Modelagem do problema com uso do AHP para o produto monitor

4.3.1 Descrição do problema

Para a presente dissertação, o objetivo da análise multicritério é a priorização logística para utilização do transporte multimodal de cargas manufaturadas destinadas à exportação. A identificação dos critérios e dos subcritérios para a priorização foi feita através da opinião dos especialistas da área. Esses profissionais são gerentes e diretores de empresas de transporte. Os critérios definidos foram tempo e custo.

O tempo foi dividido em dois subcritérios, sendo eles: tempo de percurso (nesse tempo está somado o tempo de transbordo para efetuar a mudança do modo rodoviário para o ferroviário no terminal multimodal) e tempo de expedição. No que se refere ao custo, são cinco os subcritérios: frete, pedágio, seguro, aluguel do *container* e tarifa portuária.

Após definidos os critérios e subcritérios foram identificadas as alternativas possíveis para a priorização logística. As alternativas referem-se aos 12 cenários gerados e simulados para transporte do produto monitor desde a empresa até o porto, as quais são apresentadas na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Alternativas das combinações rodoviário/marítimo e rodoviário/ferroviário/marítimo para exportação de monitor

| Alternativas | Rota | Porto |
|---------------------|---|--------------------|
| A1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos (SP) |
| A2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos (SP) |
| A3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos (SP) |
| A4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos (SP) |
| A5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos (SP) |
| A6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos (SP) |
| A7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí (RJ) |
| A8 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí (RJ) |
| A9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí (RJ) |
| A10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | São Sebastião (SP) |
| A11 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Santos (SP) |
| A12 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Itaguaí (RJ) |

4.3.2 Definição dos pesos associadas aos critérios

Para a definição dos pesos, adotou-se o método de comparação par a par, através do método AHP. Foram desenvolvidas matrizes de comparação par a par, utilizando a escala de nove níveis de Saaty, apresentados no item 3.3.4 dessa dissertação.

As avaliações ocorreram por meio de planilhas eletrônicas desenvolvidas por Costa (2003) e adaptadas para esta pesquisa. As planilhas foram enviadas a especialistas e profissionais da área de logística (gerentes e diretores), convidados a participar do painel de avaliação.

Para o painel de avaliadores foram convidados 12 avaliadores, dentre os quais, a metade participou da avaliação preenchendo as planilhas. As planilhas continham não só as matrizes de comparação, como também todas as instruções e informações necessárias para o preenchimento das mesmas.

Aos profissionais consultados foi solicitado que efetuassem uma comparação par a par de critérios ou grupo de critérios de decisão, definindo a importância relativa dos mesmos, para a priorização logística de transporte multimodal de cargas manufaturadas. Foi averiguado, também, o grau de consistência dos julgamentos.

Depois de realizadas as comparações par a par, foram determinados os pesos finais, através da média aritmética dos pesos calculados a partir das avaliações individuais.

A seguir são apresentados os pesos dos critérios (fatores) e as funções para os critérios, adotadas com base nas avaliações dos especialistas. Os fatores foram reunidos em

dois grandes grupos, no nível mais elevado da estrutura hierárquica: tempo e custo. A estrutura hierárquica será apresentada mais adiante.

Na Tabela 4.7 são apresentados os resultados da avaliação dos especialistas em relação ao grupo de fator tempo, para o produto monitor, bem como os pontos de controle utilizados nas funções de valor para a definição do desempenho das alternativas para cada critério.

No caso do tempo de percurso, o ponto mínimo (a) é dado pelo valor mínimo obtido e o ponto máximo (b) é o valor máximo obtido na simulação dos cenários. Já para o tempo de expedição, o ponto mínimo (a) seria o tempo de expedição ideal para a empresa, enquanto o ponto máximo (b) seria o tempo limite que a empresa estaria disposta a aguardar para a liberação da carga. Observa-se que o tempo de percurso foi considerado o fator de maior relevância pelos especialistas.

Tabela 4.7 – Pesos dos fatores associados ao tempo do produto monitor

| Fatores | Pesos | Função | Ponto a (mínimo) | Ponto b (máximo) |
|--------------------|--------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Tempo de percurso | 0,590 | Linear | 166 | 945 |
| Tempo de expedição | 0,410 | Linear | 480 | 2.880 |

É importante ressaltar, que os pesos referentes ao custo, nos dois tipos de *containers* utilizados pela empresa, foram exatamente os mesmos. No entanto, os pontos mínimos e máximos variam para cada um dos *containers* utilizados. Assim como no tempo, os pontos mínimos (a) referem-se aos menores valores obtidos na simulação ou aos valores ideais definidos pela empresa, e os pontos máximos (b) referem-se aos valores máximos obtidos na simulação ou no valor máximo admitido pela empresa.

Na Tabela 4.8 são apresentados os resultados da avaliação dos especialistas em relação ao grupo de fator custo, para o produto monitor, considerando a exportação feita por *container* de 20” e os respectivos pontos de controle das funções de valor.

Tabela 4.8 – Pesos dos fatores associados ao custo do produto monitor utilizando *container* de 20”

| Fatores | Pesos | Função | Ponto a (mínimo) | Ponto b (máximo) |
|-----------------------------|--------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Frete | 0,408 | Linear | 528,22 | 1.699,00 |
| Pedágio | 0,123 | Linear | 0,00 | 88,20 |
| Seguro | 0,173 | Linear | 3.740,00 | 5.510,00 |
| Aluguel do <i>container</i> | 0,177 | Linear | 0,00 | 50,00 |
| Tarifa portuária | 0,119 | Linear | 900,00 | 2.000,00 |

Considerando a exportação feita por *container* de 40”, os resultados da avaliação dos especialistas, em relação ao grupo de fator custo e os respectivos pontos de controle das funções de valor, são apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Pesos dos fatores associados ao custo do produto monitor utilizando *container* de 40”

| Fatores | Pesos | Função | Ponto a (mínimo) | Ponto b (máximo) |
|-----------------------------|--------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Frete | 0,408 | Linear | 839,70 | 1.699,00 |
| Pedágio | 0,123 | Linear | 0,00 | 88,20 |
| Seguro | 0,173 | Linear | 7.680,00 | 11.210,00 |
| Aluguel do <i>container</i> | 0,177 | Linear | 0,00 | 100,00 |
| Tarifa portuária | 0,119 | Linear | 900,00 | 2.000,00 |

Observa-se que para os dois tipos de *containers*, o frete foi considerado o fator de maior relevância, assumindo quase a metade do peso em relação aos outros fatores. Isso acontece porque a grande maioria das cargas manufaturadas é transportada pelo modal rodoviário, sendo que este possuiu valores altos de frete, dessa forma, esse custo é o de maior importância, de acordo com a opinião dos especialistas.

Finalmente, a Tabela 4.10 apresenta os pesos atribuídos aos grupos de fatores de priorização logística para o transporte multimodal de cargas manufaturadas.

Tabela 4.10 – Pesos dos grupos de fatores de priorização

| Fatores | Pesos |
|----------------|--------------|
| Tempo | 0,493 |
| Custo | 0,507 |

De acordo com a opinião dos avaliadores, a maior relevância para o processo de decisão é dada ao grupo dos fatores associados ao custo, pois o transporte de cargas no Brasil é caro, acabando por absorver grande parte dos custos logísticos. No entanto, observa-se que o grupo fator tempo também possui peso relevante no processo de decisão, uma vez que os pesos dos dois critérios são muito próximos.

Ao contrário do que se encontra em alguns trabalhos, os quais afirmam que o custo é o fator de maior importância para o processo logístico, os especialistas mostraram que o tempo tem grande relevância para que o transporte multimodal seja feito de forma eficiente. Isso pode ser explicado pelo fato de que no transporte multimodal é preciso considerar o tempo de transbordo de um modal para o outro.

4.3.3 Estrutura do processo de decisão

O modelo que permite desenvolver índices de prioridades para cada alternativa de transporte multimodal é dado a partir de uma estrutura hierárquica de decisão. Nesse processo, os critérios são agrupados partindo do nível mais baixo até chegar ao nível mais elevado da estrutura. Para agregar os fatores do segundo e primeiro nível utilizou-se a combinação linear.

A Tabela 4.11 faz uma síntese do modelo proposto, com os agrupamentos de fatores desenvolvidos para compor todos os níveis da estrutura hierárquica de decisão multicritério, com os pesos dos grupos de fatores e os pesos dos fatores de acordo com a opinião dos especialistas consultados.

Tabela 4.11 – Modelo de priorização – fatores e grupos de fatores

| Código | Fatores e Grupos de Fatores | Pesos |
|----------|------------------------------------|--------------|
| A | Fatores associados ao tempo | 0,493 |
| A1 | Tempo de percurso | 0,590 |
| A2 | Tempo de expedição | 0,410 |
| B | Fatores associados ao custo | 0,507 |
| B1 | Frete | 0,408 |
| B2 | Pedágio | 0,123 |
| B3 | Seguro | 0,173 |
| B4 | Aluguel do container | 0,177 |
| B5 | Tarifa portuária | 0,119 |

A Figura 4.2 representa a estrutura hierárquica que compõe o modelo de priorização logística para transporte multimodal de cargas manufaturadas com destino à exportação para o produto monitor.

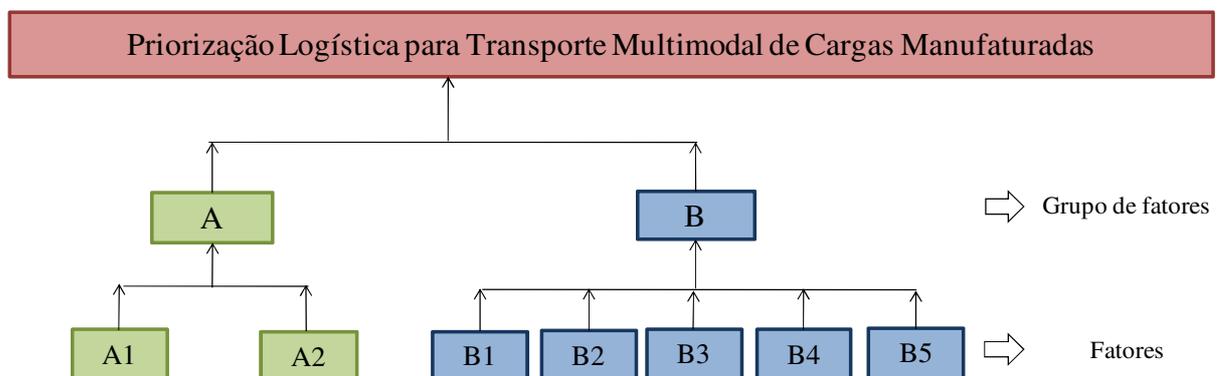


Figura 4.2 – Estrutura hierárquica do modelo de priorização logística para o transporte multimodal de cargas manufaturadas para o produto monitor

4.4 Análises das alternativas para o produto monitor

4.4.1 Análise das alternativas quanto ao grupo fator tempo

Nesta etapa do processo é considerado que o objetivo num nível maior seja minimizar o tempo de transporte, de acordo com os atributos e julgamentos sobre o tempo de percurso e tempo de expedição.

O resultado da priorização das alternativas para o produto monitor, obtidas por meio da combinação ponderada de critérios para o grupo de fator tempo, são apresentadas na Tabela 4.12. Para melhor visualizar os dados e identificar a melhor alternativa, os valores foram colocados em ordem de prioridades de escolha, sendo o de maior índice o primeiro e o de menor índice o último.

Tabela 4.12 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator tempo

| Alternativas | Detalhamento da rota | Porto | Ranqueamento |
|--------------|--|---------------|--------------|
| A10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | São Sebastião | 0,959 |
| A2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos | 0,794 |
| A1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos | 0,783 |
| A6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,781 |
| A5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,766 |
| A7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí | 0,706 |
| A3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,692 |
| A9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí | 0,656 |
| A4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,653 |
| A8 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí | 0,644 |
| A11 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Santos | 0,546 |
| A12 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Itaguaí | 0,246 |

De acordo com a aplicação do método multicritério, a melhor alternativa com relação ao grupo de fator tempo é a alternativa A10, com índice de 0,959, que utiliza a combinação rodoviário/marítimo pela rodovia Carvalho Pinto e pela rodovia dos Tamoios até Caraguatatuba, depois segue via rodovia Rio-Santos até o porto de São Sebastião (SP).

A segunda melhor alternativa é a A2, com índice de 0,794, que utiliza a rodovia Carvalho Pinto e a rodovia Anchieta até o porto de Santos. As alternativas que consideram o porto de Itaguaí (RJ) não são muito atraentes, pois esse é o porto mais distante da empresa, o que aumenta o tempo em trânsito.

As piores alternativas, com relação ao tempo, são aquelas que utilizam o transporte ferroviário. Isso acontece porque esse modal é mais lento que o rodoviário, aumentando,

assim, o tempo em trânsito. Além disso, na utilização da ferrovia, é considerado o tempo de transbordo, o que não acontece nas alternativas que consideram somente o modal rodoviário até o porto.

4.4.2 Análise das alternativas quanto ao grupo fator custo

Nesta etapa do processo é considerado que o objetivo num nível maior seja minimizar o custo de transporte, de acordo com os atributos e julgamentos sobre o frete, pedágio, seguro, aluguel do *container* e tarifa portuária.

Os resultados da priorização das alternativas obtidas por meio da aplicação do método AHP para o grupo fator custo, considerando o produto monitor e a exportação utilizando o *container* de 20”, são apresentadas na Tabela 4.13. Para melhor visualizar os dados e identificar a melhor alternativa, os valores foram classificados, sendo o de maior índice o primeiro e o de menor índice o último.

Tabela 4.13 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator custo utilizando o *container* de 20”

| Alternativas | Detalhamento da rota | Porto | Ranqueamento |
|--------------|--|---------------|--------------|
| A11 | Presidente Dutra - MRS Logística | Santos | 0,626 |
| A10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | São Sebastião | 0,576 |
| A12 | Presidente Dutra - MRS Logística | Itaguaí | 0,555 |
| A5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,323 |
| A9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí | 0,318 |
| A6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,317 |
| A1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos | 0,310 |
| A8 | Rod.Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí | 0,304 |
| A2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos | 0,300 |
| A7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí | 0,267 |
| A3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,261 |
| A4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,260 |

Observando o ranqueamento é possível verificar que as três melhores alternativas consideram três portos diferentes para a exportação, utilizando o *container* de 20”. A melhor alternativa é a A11, com índice de 0,626, que utiliza a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo pela rodovia Presidente Dutra até o terminal multimodal de Caçapava e segue até o porto de Santos pela ferrovia operada pela MRS Logística.

A segunda melhor alternativa é a A10, com índice de 0,576 e utiliza a combinação rodoviário/marítimo para o porto de São Sebastião. Já a terceira é a A12, com índice de 0,555, que utiliza a ferrovia até o porto de Itaguaí (RJ). Verifica-se que as alternativas que consideram a utilização da ferrovia possuem ranqueamento melhor com relação ao custo do

que ao tempo. Isso deve-se ao valor do frete ferroviário ser mais barato que os praticados no transporte rodoviário.

Os resultados da priorização das alternativas obtidas por meio da aplicação do método AHP para o grupo fator custo, considerando o produto monitor e a exportação utilizando o *container* de 40”, são apresentadas na Tabela 4.14. Para melhor visualizar os dados e identificar a melhor alternativa, os valores foram classificados, sendo o de maior índice o primeiro e o de menor índice o último.

Tabela 4.14 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator custo utilizando o *container* de 40”

| Alternativas | Detalhamento da rota | Porto | Ranqueamento |
|--------------|--|---------------|--------------|
| A10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | São Sebastião | 0,658 |
| A11 | Presidente Dutra - MRS Logística | Santos | 0,629 |
| A12 | Presidente Dutra - MRS Logística | Itaguaí | 0,391 |
| A5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,380 |
| A6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,373 |
| A1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos | 0,366 |
| A2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos | 0,353 |
| A9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí | 0,326 |
| A8 | Rod.Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí | 0,308 |
| A7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí | 0,286 |
| A3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,273 |
| A4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,268 |

Verifica-se que, assim como na análise anterior, as três melhores alternativas utilizam três portos diferentes para a exportação utilizando o *container* de 40”. No entanto, ao contrário do apresentado anteriormente, a melhor alternativa, nesse caso, é a A10, com índice de 0,658, que utiliza a combinação rodoviário/marítimo pela rodovia Carvalho Pinto e pela rodovia dos Tamoios até Caraguatatuba, depois segue via rodovia Rio-Santos até o porto de São Sebastião (SP). Isso acontece porque não há variação nos valores do frete no transporte rodoviário, enquanto no ferroviário os valores de frete são maiores para o transporte de *containers* de 40”.

Dessa forma, os cenários que utilizam a ferrovia passam a ser a segunda e a terceira melhores alternativas. A segunda é a A11, com índice de 0,629 para o porto de Santos e a terceira é a A12, com índice de 0,391 para o porto de Itaguaí. Observa-se que mesmo com o aumento nos valores de frete, as alternativas que utilizam a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo continuam sendo interessantes para o transporte de monitores.

4.4.3 Análise dos cenários quanto ao tempo e ao custo para o produto monitor

Finalmente, nesta etapa do processo é considerado o objetivo maior do problema, a priorização logística de transporte multimodal, no nível maior de decisão, de acordo com os *scores* e julgamentos sobre o custo e tempo de transporte para o processo de decisão.

Analisando os dados obtidos para os grupos de fatores separadamente, foi possível verificar que as melhores alternativas para tempo não são as mesmas para custos. Dessa forma, foram analisados os dados obtidos através da priorização feita considerando os dois grupos de fatores para a mesma alternativa. Mais uma vez, as análises foram separadas de acordo com os dois tipos de *containers* utilizados.

Os resultados do ranqueamento final para as alternativas avaliadas, para o *container* de 20”, são apresentados na Tabela 4.15. Os dados foram classificados, para facilitar a identificação das melhores alternativas.

Tabela 4.15 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator tempo e custo utilizando o *container* de 20”

| Alternativas | Detalhamento da rota | Porto | Ranqueamento |
|--------------|--|---------------|--------------|
| A10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios | São Sebastião | 0,765 |
| A11 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Santos | 0,586 |
| A6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,546 |
| A2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos | 0,544 |
| A1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos | 0,543 |
| A5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,541 |
| A9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí | 0,484 |
| A7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí | 0,484 |
| A3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,474 |
| A8 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí | 0,472 |
| A4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,454 |
| A12 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Itaguaí | 0,403 |

Observando os dados é possível verificar que a melhor alternativa, para o *container* de 20”, é a alternativa A10, com índice de 0,765 , que utiliza a combinação rodoviário/marítimo pela rodovia Carvalho Pinto e pela rodovia dos Tamoios até Caraguatatuba, depois segue via rodovia Rio-Santos até o porto de São Sebastião (SP). A Figura 4.3 apresenta o mapa com a rota referente a essa alternativa.

A segunda melhor alternativa é a A11, com índice de 0,586, que utiliza a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo até o porto de Santos.

Verifica-se que ao considerar tempo e custo de forma conjunta, a alternativa A12, que utiliza a ferrovia até o porto de Itaguaí deixa de ser uma opção interessante para a empresa. Isso acontece porque, embora o custo do frete seja menor em relação a algumas opções que utilizam o modal rodoviário, o tempo de percurso é maior, pois esse é o porto mais distante da empresa. Além disso, no tempo total de percurso é somado o tempo de transbordo.

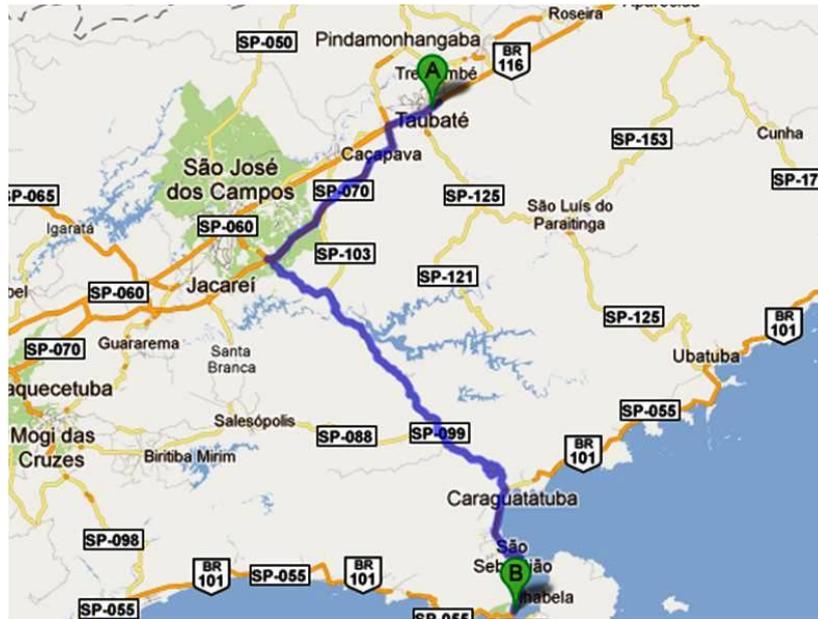


Figura 4.3 - Rota da alternativa A10 para o porto de São Sebastião (SP)

Fonte: *Google Maps*

Os resultados do ranqueamento final para as alternativas avaliadas, para o *container* de 40'', são apresentados na Tabela 4.16. Os dados foram mais uma vez classificados.

Tabela 4.16 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator tempo e custo utilizando o *container* de 40''

| Alternativas | Detalhamento da rota | Porto | Ranqueamento |
|--------------|--|---------------|--------------|
| A10 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios | São Sebastião | 0,806 |
| A11 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Santos | 0,588 |
| A6 | Rod. Carvalho Pinto - Rod Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,574 |
| A1 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Anchieta | Santos | 0,572 |
| A2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Anchieta | Santos | 0,571 |
| A5 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Anchieta (via Rod. Índio Tibiriçá) | Santos | 0,570 |
| A7 | Rod. Presidente Dutra | Itaguaí | 0,493 |
| A9 | Rod. Pres. Dutra - Rod. dos Tropeiros | Itaguaí | 0,489 |
| A3 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,480 |
| A8 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Rio-Santos (via Cunha) | Itaguaí | 0,474 |
| A4 | Rod. Pres. Dutra - Rod. Tamoios - Rod. Rio-Santos | Santos | 0,458 |
| A12 | Rod. Pres. Dutra - MRS Logística | Itaguaí | 0,320 |

Verifica-se que, assim como na análise anterior, a melhor alternativa utilizando o *container* 40", é a alternativa A10, com índice de 0,806, que utiliza a combinação rodoviário/marítimo pela rodovia Carvalho Pinto e pela rodovia dos Tamoios até Caraguatatuba, depois segue via rodovia Rio-Santos até o porto de São Sebastião (SP). O mapa dessa a rota já foi apresentado na Figura 4.3.

A segunda melhor opção também é a mesma encontrada anteriormente, a A11, com índice de 0,588, que utiliza a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo até o porto de Santos. O porto de Itaguaí também se mostrou como a pior alternativa.

É importante ressaltar que a empresa nunca considerou a utilização da combinação rodoviário/ferroviário/marítimo para exportar o produto monitor. No entanto, dentre todas as possibilidades apresentadas, essa acabou se revelando uma das melhores opções para exportação de produtos manufaturados utilizando o transporte multimodal.

4.5 Construção e simulação dos cenários para o produto celular

Dentro das necessidades da empresa, foram identificados quais caminhos poderiam ser utilizados para o transporte multimodal de celulares. Foram considerados os meios disponíveis na região, tanto os utilizados, quanto os não utilizados pela empresa.

Para a exportação de celular, a combinação utilizada foi o rodoviário/aéreo, na qual foram identificadas três possibilidades, sendo elas: aeroporto de Campinas (Viracopos), aeroporto de Guarulhos (Cumbica) e aeroporto de São José dos Campos.

Para essa combinação foram gerados dez cenários, nos quais a empresa é a origem e o aeroporto o destino final. A Tabela 4.17 apresenta os cenários de exportação possíveis para cada um dos aeroportos. Embora não tenha sido considerado o transporte internacional, todos os processos, tempos e custos até o embarque da carga no modal aéreo foram coletados e simulados.

Tabela 4.17 – Cenários do transporte multimodal para os aeroportos

| Cenários | Via | Aeroporto |
|----------|---|---------------------|
| 1 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Bandeirantes | Campinas |
| 2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Dom Pedro I | Campinas |
| 3 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Bandeirantes | Campinas |
| 4 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Dom Pedro I | Campinas |
| 5 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos |
| 6 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos |
| 7 | Rod. Presidente Dutra | Guarulhos |
| 8 | Rod. Carvalho Pinto | São José dos Campos |
| 9 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Carvalho Pinto | São José dos Campos |
| 10 | Rod. Presidente Dutra | São José dos Campos |

4.5.1 Simulação dos cenários quanto ao tempo

Para simular os cenários foi utilizado o *Google Maps*, o qual permitiu identificar a distância das rotas. Os tempos em trânsito foram determinados através de informações coletadas em empresas transportadoras, referentes às velocidades médias consideradas em cada uma das vias utilizadas, obtendo, dessa forma, o tempo em trânsito para cada um dos cenários. Os tempos de liberação foram coletados em empresas de despacho. Em todos os cenários o ponto inicial (origem) é a empresa e o ponto final (destino) é o aeroporto.

Com a simulação dos cenários, foram obtidos os valores dos tempos de percurso e de expedição para cada um dos cenários, como demonstra a Tabela 4.18.

Tabela 4.18 – Cenários do produto celular quanto ao tempo

| Cenários | Distância (km) | Velocidade (média) | Tempo em trânsito (minutos) | Tempo de liberação (minutos) |
|----------|----------------|--------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 | 228 | 55 | 249 | 720 |
| 2 | 197 | 60 | 197 | 720 |
| 3 | 218 | 50 | 262 | 720 |
| 4 | 185 | 55 | 202 | 720 |
| 5 | 134 | 60 | 134 | 1.440 |
| 6 | 130 | 55 | 142 | 1.440 |
| 7 | 122 | 50 | 146 | 1.440 |
| 8 | 45 | 60 | 45 | 480 |
| 9 | 44,4 | 55 | 48 | 480 |
| 10 | 37,4 | 50 | 45 | 480 |

Observa-se que os menores valores encontrados tanto para tempo em trânsito, quanto para o tempo de liberação são as alternativas que consideram o aeroporto de São José dos Campos. Verifica-se, ainda, que o tempo de liberação do aeroporto de Guarulhos é duas vezes

maior que os do aeroporto de Campinas e três vezes maior do que o aeroporto de São José dos Campos.

4.5.2 Simulação dos cenários quanto ao custo

Com a simulação, considerando a exportação de celular, foram obtidos os custos para cada um dos cenários, como demonstra a Tabela 4.19.

Tabela 4.19 – Cenários do produto celular quanto ao custo

| Cenários | Frete | Pedágio | Seguro | Tarifa aeroportuária |
|----------|--------|---------|-----------|----------------------|
| 1 | 802,56 | 41,20 | 10.500,00 | 189,00 |
| 2 | 693,44 | 44,60 | 10.500,00 | 189,00 |
| 3 | 767,36 | 45,20 | 10.500,00 | 189,00 |
| 4 | 651,20 | 44,20 | 10.500,00 | 189,00 |
| 5 | 471,68 | 18,60 | 10.500,00 | 194,40 |
| 6 | 457,60 | 18,20 | 10.500,00 | 194,40 |
| 7 | 429,44 | 17,40 | 10.500,00 | 194,40 |
| 8 | 158,40 | 3,80 | 10.500,00 | 189,00 |
| 9 | 156,29 | 0,00 | 10.500,00 | 189,00 |
| 10 | 131,65 | 0,00 | 10.500,00 | 189,00 |

A variação nos valores da tarifa aeroportuária ocorre devido ao porte do aeroporto, de acordo com a classificação da Infraero. O preço do seguro é constante, pois a exportação é feita sempre com carga completa do caminhão. Só existe variação quando muda o modelo do celular, o que impacta diretamente no preço do lote. No entanto, para esse estudo foi considerado somente um modelo de celular.

Para a análise dos dados obtidos foi utilizado uma ferramentas de apoio à decisão, a metodologia de análise multicritério, através do *Analytic Hierarchy Process* (AHP), no intuito de contribuir para a escolha do melhor cenário, dentre todos os simulados. Na aplicação do AHP cada cenário simulado passa a ser considerado uma alternativa de decisão.

4.6 Modelagem do problema com uso do AHP para o produto celular

4.6.1 Descrição do problema

Como dito anteriormente, para a presente dissertação, o objetivo da análise multicritério é a priorização logística para utilização do transporte multimodal de cargas manufaturadas destinadas à exportação. A identificação dos critérios e dos subcritérios para a

priorização foi feita através da opinião dos especialistas da empresa. Os critérios definidos foram tempo e custo. O tempo foi dividido em dois subcritérios, sendo eles: tempo de percurso e tempo de expedição. No que se refere ao custo, são quatro os subcritérios: frete, pedágio, seguro e tarifa aeroportuária. Nesse caso não é utilizado o *container*.

Após definidos os critérios e subcritérios, foram identificadas as alternativas possíveis para a priorização logística. As alternativas referem-se aos dez cenários gerados para exportação de celular, considerando a combinação rodoviário/aéreo para entrega do produto da empresa até o aeroporto. As alternativas são apresentadas na Tabela 4.20.

Tabela 4.20 – Alternativas da combinação rodoviário/aéreo para exportação de celular

| Alternativas | Via | Aeroporto |
|--------------|---|---------------------|
| C1 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Bandeirantes | Campinas |
| C2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Dom Pedro I | Campinas |
| C3 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Bandeirantes | Campinas |
| C4 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Dom Pedro I | Campinas |
| C5 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos |
| C6 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos |
| C7 | Rod. Presidente Dutra | Guarulhos |
| C8 | Rod. Carvalho Pinto | São José dos Campos |
| C9 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Carvalho Pinto | São José dos Campos |
| C10 | Rod. Presidente Dutra | São José dos Campos |

4.6.2 Definição dos pesos associadas aos critérios

Assim como no produto monitor, para a definição dos pesos para o produto celular, adotou-se, também, o método de comparação par a par, através do AHP. Foram desenvolvidas matrizes de comparação par a par utilizando a escala de nove níveis de Saaty, apresentados no item 3.3.4 dessa dissertação.

A seguir são apresentados os pesos dos critérios (fatores) e as funções para os critérios adotadas com base nas avaliações dos especialistas. Os fatores foram reunidos em dois grandes grupos no nível mais elevado da estrutura hierárquica: tempo e custo. A estrutura hierárquica será apresentada mais adiante.

Na Tabela 4.21 são apresentados os resultados da avaliação dos especialistas em relação ao grupo fator tempo, para o produto celular, bem como os pontos de controle utilizados nas funções de valor para a definição do desempenho das alternativas para cada critério.

No caso do tempo de percurso, o ponto mínimo (a) é dado pelo valor mínimo obtido e o ponto máximo (b) é o valor máximo obtido na simulação dos cenários. Já para o tempo de

expedição, o ponto mínimo (a) seria o tempo de expedição ideal para a empresa, enquanto o ponto máximo (b) seria o tempo limite que a empresa estaria disposta a aguardar para a liberação da carga. Observa-se que o tempo de percurso foi considerado o fator de maior relevância.

Tabela 4.21 – Pesos dos fatores associados ao tempo para o produto celular

| Fatores | Pesos | Função | Ponto a (mínimo) | Ponto b (máximo) |
|--------------------|--------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Tempo de percurso | 0,590 | Linear | 45 | 262 |
| Tempo de expedição | 0,410 | Linear | 360 | 1.800 |

Na Tabela 4.22 são apresentados os resultados da avaliação dos especialistas em relação ao grupo fator custo, para o produto celular, e os respectivos pontos de controle das funções de valor. Assim como no tempo, os pontos mínimos (a) referem-se aos menores valores obtidos na simulação ou aos valores ideais definidos pela empresa, e os pontos máximos (b) referem-se aos valores máximos obtidos na simulação ou no valor máximo admitido pela empresa.

Observa-se que o frete foi considerado o fator de maior relevância, assumindo quase a metade do peso em relação aos outros fatores. Isso acontece porque o modal rodoviário possuiu valores altos de frete.

Tabela 4.22 – Pesos dos fatores associados ao custo para o produto celular

| Fatores | Pesos | Função | Ponto a (mínimo) | Ponto b (máximo) |
|----------------------|--------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Frete | 0,487 | Linear | 131,65 | 802,56 |
| Pedágio | 0,149 | Linear | 0,00 | 45,20 |
| Seguro | 0,199 | Linear | 8.000,00 | 12.000,00 |
| Tarifa aeroportuária | 0,166 | Linear | 150,00 | 200,00 |

Finalmente, a Tabela 4.23 apresenta os pesos atribuídos aos grupos fatores de priorização logística para o transporte multimodal de cargas manufaturadas.

Tabela 4.23 – Pesos dos grupos fatores de priorização

| Fatores | Pesos |
|----------------|--------------|
| Tempo | 0,493 |
| Custo | 0,507 |

De acordo com a opinião dos avaliadores o grupo de fator com maior relevância é o relacionado ao custo. No entanto, observa-se que o grupo fator tempo também possui peso importante no processo de decisão. A diferença entre os pesos é muito pequena, mostrando a importância dos dois fatores para o processo de transporte de cargas manufaturadas.

Ao contrário do que alguns autores defendem, ao utilizar o transporte multimodal existe, também, a preocupação com a redução dos tempos, principalmente porque em algumas combinações o tempo de transbordo pode ser alto.

4.6.3 Estrutura do processo de decisão

O modelo, que permite desenvolver índices de prioridades para cada alternativa de transporte multimodal é dado a partir de uma estrutura hierárquica de decisão.

A Tabela 4.24 faz uma síntese do modelo proposto, com os agrupamentos de fatores desenvolvidos para compor todos os níveis da estrutura hierárquica de decisão multicritério, com os pesos dos grupos fatores e os pesos dos fatores de acordo com a opinião dos especialistas consultados.

Tabela 4.24 – Modelo de priorização – fatores e grupos fatores

| Código | Fatores e Grupos Fatores | Pesos |
|----------|------------------------------------|--------------|
| A | Fatores associados ao tempo | 0,493 |
| A1 | <i>Tempo de percurso</i> | 0,590 |
| A2 | <i>Tempo de expedição</i> | 0,410 |
| B | Fatores associados ao custo | 0,507 |
| B1 | <i>Frete</i> | 0,487 |
| B2 | <i>Pedágio</i> | 0,149 |
| B3 | <i>Seguro</i> | 0,199 |
| B4 | <i>Tarifa aeroportuária</i> | 0,166 |

A Figura 4.4 representa a estrutura hierárquica que compõe o modelo de priorização logística para transporte multimodal de cargas manufaturadas com destino à exportação para o produto celular.

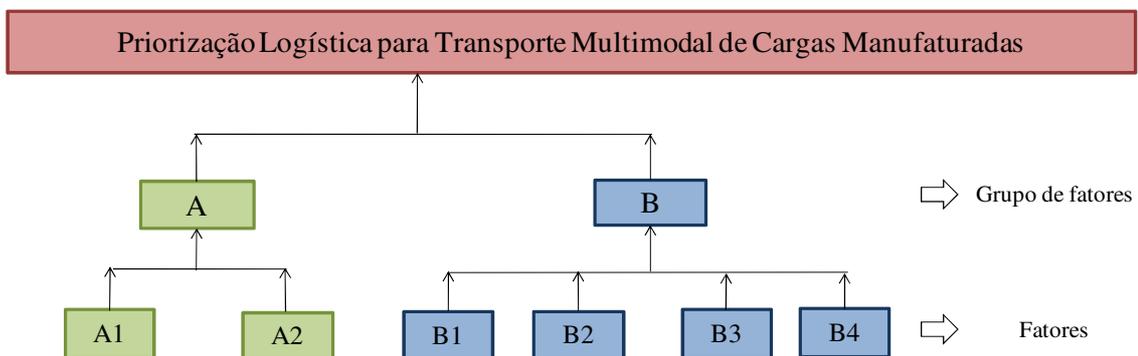


Figura 4.4 – Estrutura hierárquica do modelo de priorização logística para o transporte multimodal de cargas manufaturadas para o produto celular

4.7 Análises das alternativas para o produto celular

4.7.1 Análise das alternativas quanto ao grupo fator tempo

Nesta etapa do processo é considerado que o objetivo num nível maior seja minimizar o tempo de transporte de acordo com os atributos e julgamentos sobre o tempo de percurso e tempo de expedição.

O resultado da priorização das alternativas obtidas por meio da combinação ponderada de critérios para o grupo fator tempo, são apresentadas na Tabela 4.25. Para melhor visualizar os dados e identificar a melhor alternativa, os valores foram colocados em ordem de prioridades de escolha, sendo o de maior índice o primeiro e o de menor índice o último.

Tabela 4.25 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator tempo

| Alternativas | Detalhamento da rota | Aeroporto | Ranqueamento |
|---------------------|---|------------------|---------------------|
| C10 | Rod. Presidente Dutra | SJCampos | 0,966 |
| C8 | Rod. Carvalho Pinto | SJCampos | 0,966 |
| C9 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Carvalho Pinto | SJCampos | 0,956 |
| C2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Dom Pedro I | Campinas | 0,484 |
| C4 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Dom Pedro I | Campinas | 0,471 |
| C5 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos | 0,451 |
| C6 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos | 0,429 |
| C7 | Rod. Presidente Dutra | Guarulhos | 0,417 |
| C1 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Bandeirantes | Campinas | 0,344 |
| C3 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Bandeirantes | Campinas | 0,309 |

De acordo com a aplicação do método multicritério verifica-se que as três melhores alternativas são as que utilizam o aeroporto de São José dos Campos, sendo que duas delas empatam com o mesmo índice: C10 e C8, com índice de 0,966. A alternativa C10 utiliza a rodovia Presidente Dutra até o aeroporto e possuiu distância de 37,4 km e a C8 utiliza a rodovia Carvalho Pinto com distância de 45 km, conforme dados apresentados na Tabela 4.18. Embora a alternativa C8 seja mais distante da empresa, a via utilizada possuiu velocidade média maior, o que acaba por igualar as condições com a alternativa C10.

É interessante ressaltar, também, que duas das alternativas que consideram o aeroporto de Campinas estão à frente das opções do aeroporto de Guarulhos. Esse item é relevante porque o aeroporto de Campinas é o mais distante da empresa, porém o tempo de expedição nesse aeroporto é a metade do praticado no aeroporto de Guarulhos, o que diminui o tempo total considerado para este estudo.

4.7.2 Análise das alternativas quanto ao grupo fator custo

Nesta etapa do processo é considerado que o objetivo num nível maior seja minimizar o custo de transporte de acordo com os atributos e julgamentos sobre o frete, pedágio, seguro e tarifa aeroportuária.

Os resultados da priorização das alternativas obtidas por meio da aplicação do AHP para o grupo fator custo, considerando o produto celular, são apresentadas na Tabela 4.26. Os valores foram classificados para permitir a melhor visualização.

Tabela 4.26 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator custo

| Alternativas | Detalhamento da rota | Aeroporto | Ranqueamento |
|--------------|---|-----------|--------------|
| C10 | Rod. Presidente Dutra | SJCampos | 0,747 |
| C9 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Carvalho Pinto | SJCampos | 0,729 |
| C8 | Rod. Carvalho Pinto | SJCampos | 0,715 |
| C7 | Rod. Presidente Dutra | Guarulhos | 0,456 |
| C6 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos | 0,433 |
| C5 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos | 0,421 |
| C4 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Dom Pedro I | Campinas | 0,224 |
| C2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Dom Pedro I | Campinas | 0,192 |
| C3 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Bandeirantes | Campinas | 0,137 |
| C1 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Bandeirantes | Campinas | 0,124 |

Assim como na análise quanto ao tempo, as três melhores opções são as que utilizam o aeroporto de São José dos Campos. A melhor delas é a alternativa C10, com índice de 0,747, que utiliza a combinação rodoviário/aéreo pela rodovia Presidente Dutra até o aeroporto de São José dos Campos.

As alternativas que consideram o aeroporto de Campinas são as piores ao considerar a análise quanto aos custos. Isso se deve ao fato de que esse aeroporto é o mais distante da empresa. Como o maior peso foi dado pelos especialistas ao frete, essas alternativas acabam não sendo interessantes, uma vez que os seus custos são superiores aos do aeroporto de Guarulhos.

4.7.3 Análise dos cenários quanto ao tempo e ao custo para o produto celular

Finalmente, nesta etapa do processo é considerado o objetivo maior do problema, a priorização logística de transporte multimodal de acordo com os julgamentos sobre o custo e tempo de transporte para o processo de decisão.

Analisando os dados obtidos para os grupos fatores separadamente foi possível verificar que as melhores alternativas para tempo e para custos são as mesmas, considerando o aeroporto de São José dos Campos. Porém, quando analisado as alternativas que não consideram esse aeroporto, passou-se a ter divergência quanto às melhores opções para tempo e para custo.

Dessa forma, foram analisados os dados obtidos através da priorização feita considerando os dois grupos fatores para a mesma alternativa. Os resultados do ranqueamento final para as alternativas avaliadas são apresentados na Tabela 4.27. Para melhor visualizar os dados foram novamente classificados

Tabela 4.27 – *Ranking* das alternativas de acordo com o índice de prioridade de escolha para o grupo fator tempo e custo

| Alternativas | Detalhamento da rota | Aeroporto | Ranqueamento |
|---------------------|---|------------------|---------------------|
| C10 | Rod. Presidente Dutra | SJCampos | 0,855 |
| C9 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Carvalho Pinto | SJCampos | 0,841 |
| C8 | Rod. Carvalho Pinto | SJCampos | 0,839 |
| C7 | Rod. Presidente Dutra | Guarulhos | 0,437 |
| C5 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos | 0,436 |
| C6 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Ayrton Senna | Guarulhos | 0,431 |
| C4 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Dom Pedro I | Campinas | 0,346 |
| C2 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Dom Pedro I | Campinas | 0,336 |
| C1 | Rod. Carvalho Pinto - Rod. Bandeirantes | Campinas | 0,232 |
| C3 | Rod. Presidente Dutra - Rod. Bandeirantes | Campinas | 0,221 |

Observando os dados é possível verificar que as melhores alternativas continuam sendo aquelas que utilizam o aeroporto de São José dos Campos. A melhor delas é a C10, com índice de 0,855, que utiliza ar Presidente Dutra até o aeroporto. A Figura 4.5 apresenta o mapa com a rota referente a essa alternativa.

Verifica-se ainda que, mesmo o aeroporto de Campinas sendo um terminal mais voltado para o transporte de carga, as alternativas que consideram essa opção são as piores quando se combina tempo e custo.

Isso se deve a importância dada ao frete pelos especialistas e aos altos valores praticados no mercado, pois como o valor do frete é calculado pela multiplicação da distância pelo valor do quilômetro rodado, quando mais longe da empresa, mais cara passa a ser a alternativa. Mesmo os especialistas considerando que o fator tempo também é importante para o processo, nesse caso o que prevaleceu foram os valores referentes ao custo.

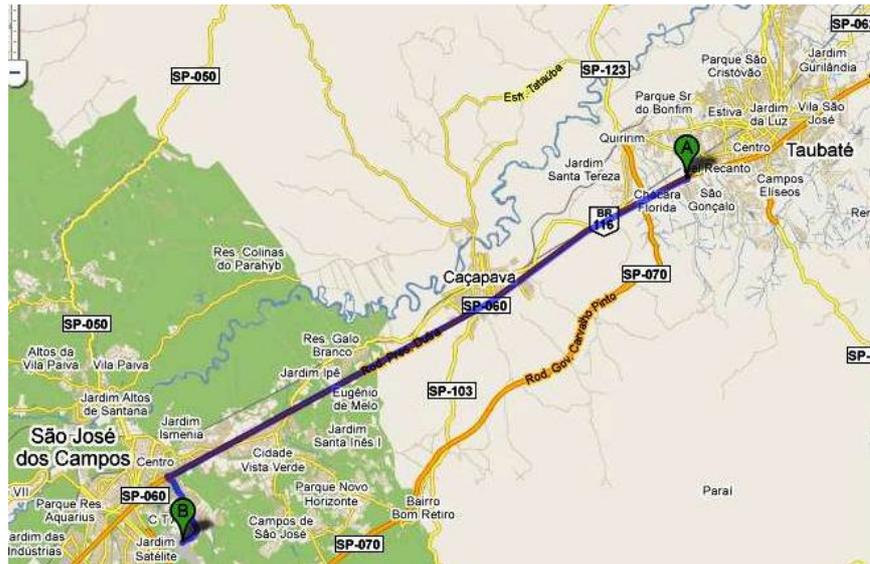


Figura 4.5 - Rota da alternativa C10 para o aeroporto de São José dos Campos

Fonte: *Google Maps*

4.8 Análises Gerais

Ao fazer a simulação dos dados dessa dissertação não foram considerados fatores como a frequência e disponibilidade dos portos e aeroportos da região. Isso porque um dos objetivos desse trabalho era identificar opções para investimento em expansão de infraestrutura, além de verificar se as opções existentes na região estão preparadas para atender a demanda gerada das empresas.

Os resultados obtidos mostraram que as melhores opções são aquelas geograficamente mais próximas da empresa e com menos volume de exportação. No entanto, essas alternativas não estão aptas a atender a demanda da região, pois elas possuem problemas de infraestrutura.

O porto de São Sebastião (SP) possuiu problemas com a frequência, pois a quantidade de navios de *containers* que atracam no porto é muito pequena, o que dificulta a exportação por esse local.

Isso ocorre devido à falta de infraestrutura do porto, o qual possui apenas um canal, não possui guindastes fixos e o calado de navegação não é adequado, pois somente os navios com capacidade máxima para 2.000 *containers* podem atracar no porto.

Além disso, não existem paradas constantes no porto e nem demanda de exportação por *containers* para encher um navio, mesmo que pequeno. Dessa forma, a empresa exportadora necessita buscar navios que possam navegar no calado do porto de São Sebastião e que estejam dispostos a fazer desvios na rota, incluindo uma nova parada.

Por isso, antes de contratar um navio para exportação a empresa precisa verificar se existe alguma parada programada no porto de São Sebastião. Isso faz com que a empresa perca muito tempo pesquisando, o que acaba gerando problemas no processo de exportação, uma vez que o tempo para entrega ao cliente final é muito curto.

Caso não exista uma programação, a empresa deverá recorrer a outro porto, o que nesse estudo passa a ser a alternativa A11, com índice de 0,765 para o *container* de 20” e de 0,586 para o *containers* de 40”. Essa alternativa utiliza a rodovia Presidente Dutra até o terminal multimodal de Caçapava e segue até o porto de Santos (SP) pela ferrovia operada pela MRS Logística. A Figura 4.6 apresenta o mapa referente a essa alternativa.

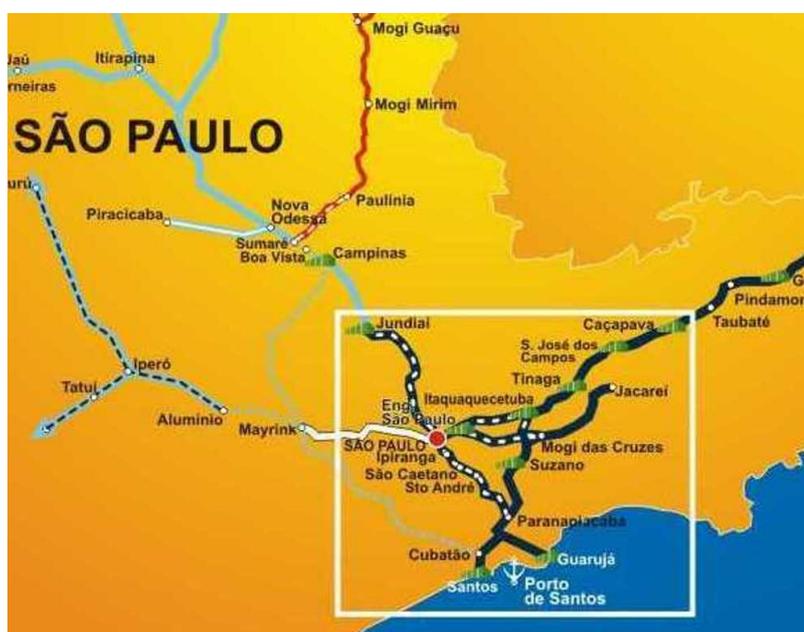


Figura 4.6 - Rota da alternativa A11 para o porto de Santos (SP)
Fonte: MRS Logística (2011)

Verifica-se que para o transporte do produto monitor, a melhor alternativa praticável é a que utiliza a combinação rodoviário/ferroviário/marítimo até o porto de Santos, o que demonstra que a ferrovia pode ser uma boa alternativa para o transporte de produtos manufaturados.

No aeroporto de São José dos Campos não são feitas exportações devido à falta de aviões cargueiros no local. Isso ocorre porque o aeroporto opera com aviões de menor porte e não existe demanda que justifique pousos e decolagens para transporte exclusivo de cargas.

Algumas empresas até chegam a enviar cargas ao aeroporto para exportação, porém somente o processo de despacho aduaneiro é feito no local. Após o despacho as cargas são enviadas para os aeroportos de Guarulhos ou Campinas.

Por isso, é interessante para a empresa objeto de estudo considerar as alternativas que não utilizem o aeroporto de São José dos Campos para a exportação de celulares. Dessa forma, a melhor alternativa praticável passa a ser a C7, com índice de 0,437, que utiliza a rodovia Presidente Dutra até aeroporto de Guarulhos (Cumbica). A Figura 4.7 apresenta o mapa referente a essa alternativa.

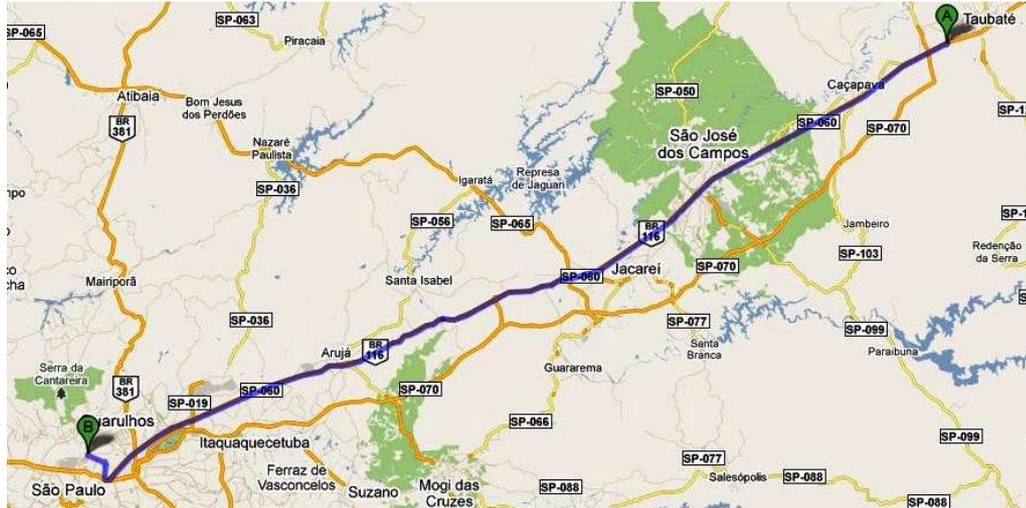


Figura 4.7 - Rota da alternativa C7 para o aeroporto de Guarulhos

Fonte: *Google Maps*

5. CONCLUSÕES

Um dos objetivos dessa dissertação era analisar as nomenclaturas utilizadas nos trabalhos sobre transporte multimodal e intermodal. Nas pesquisas realizadas, ficou clara a divergência de opiniões de pesquisadores, tanto no Brasil como no exterior, sobre a definição dos termos multimodalidade e intermodalidade.

O que se observa é que muitos trabalhos ressaltam a importância de se definir um termo que seja utilizado por todos os países, mas o que se vê na prática são países definindo suas próprias legislações, sem considerar as propostas feitas por organizações internacionais, as quais buscam constantemente a adesão de países para uma única terminologia. Outro fator importante a ser destacado é que muitos pesquisadores não definem os termos, mas sim utilizam aquele que acham mais adequado para o seu estudo.

Os países europeus, principalmente aqueles que compõem a União Européia, tem constantemente realizado estudos visando a melhoria dos sistemas de transporte e o incentivo da utilização do transporte multimodal, pois esse conglomerado possuiu políticas públicas e planejamento para a execução dessas melhorias. Além disso, eles veem na utilização da multimodalidade um dos caminhos para redução dos custos dos produtos e para redução dos problemas ambientais.

Quanto a disponibilidade de dados, foi possível identificar que existe carência de dados consolidados em relação ao transporte rodoviário, tais como: volume de cargas transportadas, indicadores e previsões de comportamento. Já o transporte ferroviário possuiu dados atualizados, associação com publicações anuais e revistas especializadas. No transporte aquaviário e no aéreo existem relatórios publicados pelos órgãos com detalhamento dos volumes transportados e das previsões de investimentos.

Outro objetivo desse estudo foi propor a utilização do transporte multimodal para o transporte de cargas manufaturadas, pois no Brasil os estudos nessa área são voltados para o transporte de *commodities*, principalmente quando se trata de exportação. Porém, nesse trabalho, ficou comprovado que existem possibilidades da utilização da multimodalidade também para produtos manufaturados, o que até então tem sido pouco explorado por pesquisadores da área de transportes.

Esse é um campo em expansão e pode aumentar a competitividade dos produtos brasileiros no exterior. No entanto, para que a multimodalidade possa ser implantada é preciso que o poder público invista nos outros meios de transporte que não o rodoviário, pois

existe a necessidade da melhoria na infraestrutura dos transportes brasileiros, para que estes possam ser utilizados sem restrições.

É necessário, também, a redução dos trâmites burocráticos enfrentados pelo transporte multimodal, pois nem todos os sistemas reconhecem o operador de transporte multimodal, principalmente nas movimentações realizadas para exportação. Esses sistemas ainda não são integrados, o que dificulta a agilidade dos processos.

Outro fator de extrema importância para o transporte de cargas utilizando a multimodalidade é a criação de taxas e impostos únicos para essa modalidade. O ICMS, por exemplo, possui alíquotas diferentes para cada estado brasileiro, o que gera transtornos para as empresas, principalmente na competitividade dos produtos.

Os problemas identificados durante a elaboração dessa dissertação demonstram o porquê algumas empresas, principalmente as produtoras de manufatura, não consideram a utilização da multimodalidade no transporte dos seus produtos.

A infraestrutura existente não atende as demandas da região, necessitando de mais investimentos para que possam operar de maneira satisfatória e adequada, oferecendo mais e melhores opções. Prova disso é que os melhores cenários encontrados não são os praticados atualmente pela empresa. Até existem opções na região, mas estas não estão aptas a atender a demanda da empresa

No que se refere à identificação de opções para investimento em expansão de infraestrutura, o porto de São Sebastião, por exemplo, seria uma alternativa que melhoraria muito os processos de exportação na combinação rodoviário/marítimo, uma vez que ele é o mais próximo da empresa.

Para que o porto de São Sebastião seja utilizado é preciso investimento em obras no local, possibilitando que mais navios possam atracar ao mesmo tempo, que a profundidade do canal comporte navios maiores e que existam guindastes no porto, o que agiliza os carregamentos dos navios, aumentando, assim a eficiência do porto. Além disso, é preciso aumentar a demanda de exportação via *containers* no porto, justificando, assim, a parada de um navio.

O mesmo acontece com o aeroporto de São José dos Campos, o qual está em local estratégico, entre duas das maiores regiões produtoras do Brasil (São Paulo e Rio de Janeiro). Os aviões cargueiros não operam no aeroporto por falta de demanda e de equipamentos. No entanto, antes de se fazer essas alterações no local são necessários estudos que verifiquem a viabilidade e o retorno desses investimentos.

A combinação rodoviário/ferroviário/marítimo se mostrou uma alternativa atraente, pois ela possui a melhor relação tempo/custo. Essa alternativa, até então, não havia sido considerada pela empresa, que utiliza muitas vezes o transporte rodoviário até o cliente final, e em alguns casos a combinação rodoviário/marítimo para o transporte de monitores.

Com a definição dos pesos pelos especialistas, na análise do AHP, ficou claro que para o transporte multimodal os pesos são tão importantes para o custo quanto para o tempo, pois a diferença entre eles é quase inexistente.

Ao contrário do que muitos pensam, o tempo é um fator importante, pois em muitos casos existe transbordo, o que aumenta significativamente o tempo total do transporte. Isso faz com que esse fator também seja determinante na escolha da melhor combinação.

Ao concentrar a análise somente nos pesos que compõe o custo total, fica claro que os custos relacionados ao frete são os que mais importam para o processo de transporte, pois eles aumentam e oneram os custos de transporte do produto.

As alternativas analisadas mostram que a utilização do transporte multimodal de cargas manufaturas para exportação é possível e que mais estudos nessa área devem ser realizados, pois ainda que algumas opções não estejam disponíveis na prática, pois requerem adaptações de operação (exemplificadas pelo porto de São Sebastião e pelo aeroporto de São José dos Campos), a análise das opções de multimodalidade pode ser um dos argumentos para o desenvolvimento da infraestrutura de transportes e servir de base para investimentos futuros.

5.1 Considerações para trabalhos futuros

Para a realização de trabalhos futuros seria interessante incluir a frequência e a disponibilidade com que os modais de transporte operam nos portos e aeroportos como um critério para a análise multicritério. Isso demonstraria como os especialistas veem as alternativas que consideram os portos e aeroportos que não possuem infraestrutura adequada para a realização de exportação.

Outra consideração interessante seria comparar as alternativas obtidas utilizando o transporte multimodal com aqueles que utilizam somente o modal rodoviário até o cliente final em outro país, calculando os fretes marítimo e aéreo para que a análise possa ser feita de forma a considerar a empresa como origem e os importadores dos produtos como destino. Além disso, recomenda-se a comparação dos seguros em território nacional e no exterior, a fim de verificar a sua variação.

Para minimizar os problemas de imprecisão dos dados, recomenda-se a utilização de um aparelho GPS (*Global Position System*) para se obter com precisão a distância da rota e o tempo em trânsito dos veículos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTP - Associação Brasileira de Terminais Portuários. Relatório anual do exercício de 2010. 2011.

AMARAL, J. A intermodalidade pode ser uma das soluções para graves problemas brasileiros. NTC&Logística. 2004. Disponível em <http://www.ntcelogistica.org.br> . Acesso em: 17 de Setembro de 2010.

ANTAQ - Agência Nacional de Transportes Aquáticos. Anuário estatístico aquaviário de movimentação de cargas nos portos organizados e terminais de uso privativo. 2010.

ANTF – Associação Nacional dos Transportadores Rodoviários. As ferrovias e o futuro do país. 2011.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Evolução do transporte ferroviário. 2010.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Relatório anual de acompanhamento das concessões rodoviárias. 2009.

ANTT (2011a). Agência Nacional de Transportes Terrestres. Disponível em <http://www.antt.gov.br>. Acessado em 15 de Maio de 2011.

ANTT (2011b). Entraves burocráticos, exigências legais e tributárias do transporte multimodal. Agência Nacional de Transportes Terrestres. Superintendência de estudos e pesquisas. Brasília, 2011.

ARNOLD, P.; PEETERS, D.; THOMAS, I. Modelling a rail/Road intermodal transportation system. Transportation Research Part E. Vol. 40, 2004, p. 255-270.

Associação Nacional de Empresas de Transporte de Cargas (2011) – Disponível em <http://www.abtc.gov.br>. Acesso em 20 de setembro de 2011.

BALLIS, A.; GOLIAS, J. Towards the improvement of a combined transport chain performance. European Journal of Operational Research. vol. 152, n.º. 2, 2004, p. 420-436.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BANDEIRA, D. L.; BECKER, J. L.; ROCHA, A. K. Sistemática multicritério para priorização de embarques marítimos. Revista Administração Mackenzie. v. 11, n. 6, 2010.

BANKS, J. Introduction to Simulation. Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference.

BARROS, F. H.; SANTOS, R. L. P. Fatores de geração de demanda de carga aérea industrial de importação: o caso do aeroporto internacional de Campinas/Viracopos. Monografia (Curso de Especialização). Universidade de Brasília, 2007.

BATISTA, C. D. Plano Integrado de Negócios. Disponível em <http://www.eadstrong.com/nourau2/document/?down=74>. Acesso em 15 de outubro de 2011.

BERTRAND, J. W.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. *International Journal of Operations and Production Management*. v. 22, n. 2, 2002, p. 241-264.

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento. Disponível em <http://www.bndes.gov.br>. Acesso em 12 de dezembro de 2010.

BORÇA JR., G. R.; Melhora do nível de atividade econômica leva a recuperação do comércio internacional. BNDES: Visão do Desenvolvimento, nº 72, 2009.

BONTEKONING, Y. M.; MACHARIS, C.; TRIP, J. J. Is a new applied transportation research field emerging? A review of intermodal rail-truck freight transport literature. *Transportation Research – Part A*, v. 38, 2004, p. 1-34.

CALABREZI, S. R. S. A multimodalidade para o transporte de cargas: identificação de problemas em terminais visando à integração dos modais aéreo e rodoviário. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005.

CARVALHO, W. L. Desenvolvimento teórico de um sistema de informações para gerenciamento do transporte rodoviário de cargas. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Brasília, Brasília. 2004. 187 p.

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. *Introduction to Discrete Event Systems*, Klumer Academic Publishers, Boston, 1999.

CASTILHO, M. Encadeamentos produtivos das atividades exportadoras na América Latina: O caso dos setores industriais no Brasil. Rede Latino-Americana de Política Comercial. Série Comércio e Crescimento Inclusivo, Latn Working Paper nº 131.

CATERMOL, F.; Agências de crédito à exportação: o papel de instituições oficiais no apoio à inserção internacional de empresas. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 15, n.30, p. 5-38, dez-2008.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações*. 2.ed. São Paulo, 2007.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes. Pesquisa CNT de Rodovias. Disponível em <http://www.sistemacnt.org.br/pesquisacntrodovias/2010>. Acesso em 18 de agosto de 2011.

COSTA, M. S. Mobilidade urbana sustentável: um estudo comparativo e as bases de um sistema de gestão para Brasil e Portugal. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 2003.

DASKIN, M.; MELKOTE, S. An integrated modal of facility location and transportation network design. *Transportation Research Part A*. Vol. 35, 2000, p. 515-538.

DEMARIA, M. O operador de transporte multimodal como fator de otimização da logística. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004. 85p.

DEMPSEY, P. S. The Law of Intermodal Transportation: What It Was, What It Is, What It Should Be. University of Denver. 2000. Disponível em http://www.ise.msstate.edu/ncit/NCIT_WEB_UPDATE/Final%20Report.INTERMODAL-ARTICLE29AUG00version2.htm#_ftnref118. Acessado em: 04 de novembro de 2011.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte. Disponível em <http://www.dnit.gov.br>. Acesso em 16 de agosto de 2011.

DOTOLI, M.; FANTI, M. P.; MANGINI, A. M.; STECCO, G.; UKOVICH, W. The impact of ICT on intermodal transportation systems: A modelling approach by Petri nets. *Journal of Control Engineering Practice*. v. 18, 2010, p. 893-903.

ELLER, R. A. G.; SOUSA JÚNIOR, W. C.; CURI, M. L. C. Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. *Revista de Literatura dos Transportes*, vol. 5, n. 1, 2011 p. 50-64

ERVILHA, R.; DALTO, E. J.; SUERTEGARAY, A. F. Impactos da lei 8.630 sobre a infraestrutura de terminais de contêineres e na viabilização da navegação de cabotagem no Brasil. *Revista Transportes*, v XVI, n.1, p. 56-66, 2008.

FARIA, S. F. S. Fragmentos da História dos Transportes. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

FERNANDES, S. T.; MARINS, F. A. S.; LIMA, J. P.; LIMA, R. S. Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes. *Engevista*, v. 11, n. 2, 2009, p. 137-147.

FERRARI, R. C.; Utilização de um modelo matemático de otimização para identificação de locais para instalação de unidades armazenadoras de soja no Estado do Mato Grosso. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura, “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. 186 p.

FERREIRA, F. F.; BRAGHIROLI, L. F.; ALBANO, J. F.; PASA, G. S. Projeto de terminais intermodais de carga: Um método utilizando ferramentas de simulação. *Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte*, ANPET, Fortaleza-CE, 2008.

FREITAS, S. M. M. Logística de transporte internacional: um estudo de caso. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004. 77p.

GARZA-REYES, J. A.; ELDRIDGE, S.; BARBER, K. D.; SORIANO-MEIER, H. Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures: a relationship analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.27, n.1, p. 48-62, 2010.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3ª. ed. São Paulo: atlas, 1996.

GOLDENSTEIN, M.; ALVES, M. F.; AZEVEDO, R. L. S. A indústria de implementos rodoviários e sua importância para o aumento da eficiência do transporte de cargas no Brasil. BNDES Setorial: nº 24, p. 241-260, 2006.

GOMIDE, A. A. A Política das Reformas Institucionais no Brasil: a reestruturação do setor de transportes. Tese (Doutorado). Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2011. 174 p.

GONÇALVES, G. I. Perspectivas de Integração Modal Rodo-Hidro-Ferroviária na Exportação de Produtos Agrícolas e Minerais no Estado de Mato Grosso do Sul. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008. 152 p.

Google maps. Disponível em <http://www.maps.google.com>. Acesso em: 20 de março 2011.

HANAOKA, S.; REFMI, M. B. Promoting intermodal freight transport through the development of dry ports in Asia: An environmental perspective. IATSS Research, 2011.

HSU, P. F. CHEN, B. Y. Integrated analytic hierarchy process and entropy to develop a durable goods chain store franchisee selection mode. Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics. Vol. 20 No. 1, 2008 - pp. 44-54.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acessado em 25 de novembro de 2011.

INFRAERO (2011) – Boletim logístico INFRAERO CARGO. 2010. Disponível em <http://www.infraero.gov.br>. Acesso em 20 de setembro de 2011.

INFRAERO (2010) – Disponível em <http://www.infraero.gov.br>. Acesso em 20 de setembro de 2010.

ISHFAQ, R.; SOX, C. R. The interplay of financial, operational and service issues. Transportation Research Parte E. vol. 46, 2010, p. 926-949.

ISHFAQ, R.; SOX, C. R. Hub location-allocation in intermodal logistic network. European Journal of Operation Research. Vol. 210, 2011, p. 213-230.

KAI, K. H.; YUEJIE, N.; WEICUM, Z. Improved integrated optimization model research of mode and route in multimodal transportation. IEEE, 2009.

KREUTZBERGER, E. D. Distance and time in intermodal good transport networks in Europe: A generic approach. Transportation Research Part A. vol. 42, 2008, 973-993.

LAMONICA, M. T.; FEIJÓ, C. A. Crescimento e industrialização no Brasil: uma interpretação à luz das propostas de Kaldor. Revista de Economia Política, vol. 31, nº 1, 2011, p. 118-138.

LAW, A. M. e KELTON, W. D. (2000) Simulation modeling and analysis, 3. Ed. Boston: McGraw-Hill.

LIMA JÚNIOR, O. F. Desempenho em serviços de transportes: conceitos, métodos e práticas. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2004. 247p.

LIMA, J. P. Modelo de decisão para a priorização de vias candidatas às atividades de manutenção e reabilitação de pavimentos. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007. 199 p.

LIMBOURG, S.; JOURQUIN, B. Optimal rail-road container terminal locations on the European network. *International Journal of Transportation Research Part E*, 2009, p. 551–563.

LOPES, S. S.; CARDOSO, M. P.; PICCININI, M. S. O Transporte Rodoviário de Carga e o papel do BNDES. *Revista do BNDES*. Rio de Janeiro, v. 14, n. 29, p. 35-60, 2008.

MACHARIS, C.; HOECK, E. V.; PEKIN, E.; LIER, T. V. A decision analysis framework for intermodal transport: Comparing fuel price increases and the internalisation of external costs. *Transportation Research Part A*. vol. 44, 2010, p. 550-561.

MANCUSO, W. P.; O empresariado como ator político no Brasil: balanço da literatura e agenda de pesquisa. *Ver. Sociol. Polít.*, Curitiba, 28, p.131-146, jun-2007.

MARTINS, F. S. Alternativas modais de transporte de peças automotivas entre Brasil e Argentina. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2005. 100 p.

MARTINS, P. C.; CAMPOS, P. R.; Administração de materiais e recursos patrimoniais. São Paulo: Saraiva, 2001.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2010a). Balança Comercial Brasileira. Dados Consolidados. Disponível em <http://www.mdic.gov.br>. Acesso em 02 de junho de 2011.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2010b). Conhecendo o Brasil em números. Disponível em <http://www.mdic.gov.br>. Acesso em 02 de junho de 2011.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (2011). Balança Comercial Brasileira. Dados Consolidados. Disponível em <http://www.mdic.gov.br>. Acesso em 31 de outubro de 2011.

MEETHOM, W.; KENGPOL, A. Design of a decision support system for selecting multimodal transportation route: an integrated model using AHP and ZOGP case study Thailand-Vietnam. *IEEE*, 2009.

MEIXELL, M. J.; NORBIS, M. A review of the transportation mode choice and carrier selection literature. *International Journal of Logistics Management*, v. 19, nº 2, p. 183-211, 2008.

MENG, Q.; WANG, X. Intermodal hub-and-spoke network design: Incorporating multiple stakeholders and multi-type containers. *Transportation Research Part B*. vol. 45, 2011, p. 724-742.

Ministério do Transporte. Disponível em <http://www.transportes.gov.br>. Acesso em: 20 de outubro 2011.

Ministério dos Transportes. Relatório Executivo - Plano Nacional de Logística e Transportes. Brasília, 2007. Disponível em <http://www.transportes.gov.br>. Acesso em: 20 de outubro 2011.

Mirante 45. Disponível em <<http://www.mirante45.com.br>>. Acessado em 25 de novembro de 2010.

MITROFF, I. I.; BETZ, F.; PONDY, L. R.; SAGASTI, F. On managing science in the systems age: two schemas for the study of science as a whole systems phenomenon. *Interfaces*, v.4, n.3, p.46-58, 1974.

MONTEVECHI, J. A. B.; DUARTE, R.; NISSON, G. V. O uso da simulação para análise de layout de uma célula de manufatura. *Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção* n.1, p. 15-29, dez. 2003.

MRS Logística Ltda. Disponível em <<http://www.mrs.com.br>>. Acesso em: 20 de março 2011.

NAZÁRIO, P. Papel do Transporte na Estratégia Logística. In: FLEURY, P. F.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. F. *Logística Empresarial: A perspectiva brasileira*. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

NOVAES, A. G. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Distribuição: Estratégia, Operação e Avaliação*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

NOVAES, A. G.; GONÇALVES, B. S.; COSTA, M. B.; SANTOS, S. Rodoviário, ferroviário ou marítimo de cabotagem? O uso da técnica de preferência declarada para avaliar a intermodalidade no Brasil. *TRANSPORTES*. V. XIV, n. 2, 2006, p. 11-17.

NTC/Logística. Disponível em <http://www.ntcelogistica.org.br> . Acesso em: 17 de Setembro de 2010.

NUNES, A. O. Análise da oferta de operadores de transporte multimodal de cargas no Brasil: uma aplicação da teoria de custos de transação. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Brasília, Brasília. 2007. 113 p.

OLIVEIRA, D. S.; CORREIA, A. R. Estudo do desempenho operacional dos aeroportos brasileiros relativo ao movimento de cargas. *Revista de Literatura dos Transportes*. vol. 5, n. 3, 2010, p. 141-162.

OLIVEIRA, E. A. A. Q.; QUINTAIROS, P. C. R. Estudo das disparidades econômicas e tecnológicas no desenvolvimento regional desequilibrado do Vale do Paraíba. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v. 7, n. 2, 2011, p. 256-281.

PASIN, J. A. B.; Exportações brasileiras crescem com mudança de mercados. *BNDES: Visão do Desenvolvimento*, nº 23, 2007.

PAULA, L. F.; MEYER, T. R. Taxa de Câmbio, Exportações e Balança Comercial no Brasil: Uma Análise do Período 1999-2006. *Revista Análise Econômica*, ano 27, n. 51, 2009, p.187-219.

PEDREIRA, A. F. Os recentes avanços da multimodalidade no Brasil. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. 158 p.

PIRES, J. C. L.; GIAMBIAGI, F. Retorno dos Novos Investimentos Privados em Contextos de Incerteza: Uma Proposta de Mudança do Mecanismo de Concessão de Rodovias no Brasil. Rio de Janeiro, 2000.

PORTUGAL, L. S.; MORGADO, A. V.; LIMA JÚNIOR, O. F. Location of cargo terminals in metropolitan areas of developing countries: the Brazilian case. *Journal of Transport Geography*, 2011, p. 900–910.

PUGA, F. P.; NASCIMENTO, M. M. Desempenho exportador explica a recuperação lenta da indústria. *BNDES: Visão do Desenvolvimento*, nº 75, 2010.

RESENDE, P. T. V.; OLIVEIRA, M. P. V.; SOUSA, P. R. Análise do modelo de concessão no transporte ferroviário brasileiro: a visão dos usuários. *Revista ADM.MADE*, ano 9, v. 13, 2009, p. 40-59.

Revista Construção e Mercado. Obras industriais no Vale do Paraíba. Ed. 100, 2009. Disponível em <<http://www.construcaomercado.com.br>>. Acesso em: 20 de setembro 2011.

RODRIGUES, P. R. A. Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional. São Paulo: Aduaneiras, 2010.

RODRIGUES, S. B. M. Avaliação das alternativas de transporte de etanol para exportação na região Centro-Sul. Dissertação (Mestrado). Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007. 153 p.

RORATO, R. J. Alternativas de transporte rodo-marítimo na distribuição de cargas frigoríficas no Brasil. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2003. 213 p.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*. v. 1, n. 1, 2008.

SALGADO, L. H.; VASSALLO, M.; OLIVEIRA, A. Regulação, Políticas Setoriais, Competitividade e Formação de Preços: Considerações sobre o Transporte Aéreo no Brasil. *Revista de Literatura dos Transportes*, v. 4, n.1, 2010 pp. 7-48

SANT'ANNA, A. A.; PUGA, F. P.; NASCIMENTO, M. M. Exportação responde por mais da metade da queda da produção industrial. *BNDES: Visão do Desenvolvimento*, nº 66, 2009.

SELLITTO, M. A.; WALTER, C. Avaliação do desempenho de uma manufatura de equipamentos eletrônicos segundo critérios de competição. *Produção*, v. 16, n. 1, p. 034-047, 2006.

SILVA, A. R. Avaliação de modelos de regressão espacial para análise de cenários de transporte rodoviário de carga no Brasil. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Brasília. Brasília, 2006. 138 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 4ª. ed. Florianópolis: UFSC, 2005. 138 p.

SOUZA, A. A. M.; COSTA, W. M. Análise da reestruturação do parque industrial e da consolidação do Município de São José dos Campos em centro de tecnologia aeroespacial do Brasil. Revista eletrônica de geografia y ciencias sociales. Universidad de Barcelona, vol. XIV, n. 331, 2010.

TEIXEIRA, K. M. Investigação de opções de transporte de carga geral em contêineres nas conexões com a região Amazônica. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007. 235 p.

TELMA, D.; MURAKAMI, R.; DESANI, R. Transporte Marítimo Brasileiro - Análise da Situação Atual, Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, 2005.

TOZI, L. A.; CORREIA, A. R.; MÜLLER, C. MENDES, D. S.; FENG, L. C. Análise da importância relativa de atributos de nível de serviço em um terminal de cargas aeroportuário. TRANSPORTES, v. XVIII, n. 2, 2010, p. 28-36.

TSAMBOULAS, D.; VRENKEN, H.; LEKKA, A. M. Assessment of a transport policy potential for intermodal mode shift on a European scale. International Journal of Transportation Research Part A, 2007, p. 715–733.

VAZQUEZ, J. Comércio Exterior Brasileiro, 6ª. ed. Campos: São Paulo, 2003.

VERMA, M.; VERTER, V. A lead-time based approach for planning rail-truck intermodal transportation of dangerous goods. European Journal of Operation Research. Vol. 202, 2010, p. 696-706.

XIE, X. An integrated sea-land transportation system modal and its theory. Transportation Research Part C. vol. 17, 2009, p. 394-411.

YANG, X.; LOW, J. M. W.; TANG, L. C. Analysis of intermodal freight from China to Indian Ocean: A goal programming approach. Journal of Transport Geography. Vol. 19, 2011, p. 515-527.

ANEXOS

Anexo A – Matriz Grupos

Qual a importância relativa dos critérios abaixo para a priorização logística do transporte multimodal de cargas manufaturadas?

Somente os campos em verde devem ser preenchidos.
Instruções detalhadas podem ser encontradas na planilha "Instruções".

Uma vez preenchida esta matriz inicial, clique nos links abaixo para acessar as matrizes de comparação relacionadas a cada um dos grupos de fatores.

Matriz Grupos - Comparação dos Grupos de Fatores Relacionados com a Priorização Logística

| | Tempo | Custos |
|--------|---------|--------|
| Tempo | 1 | |
| Custos | #DIV/0! | 1 |

Grau de Consistência 0,000000

Julgamentos consistentes!

Escala numérica

1 - Igual importância

- | | |
|---|---|
| 3 - Linha pouco mais importante que Coluna | 1/3 - Coluna pouco mais importante que Linha |
| 5 - Linha muito mais importante que Coluna | 1/5 - Coluna muito mais importante que Linha |
| 7 - Linha bastante mais importante que Coluna | 1/7 - Coluna bastante mais importante que Linha |
| 9 - Linha extremamente mais importante que | 1/9 - Coluna extremamente mais importante que |

Anexo B – Matriz G1: Comparação dos fatores relacionados ao grupo tempo

Qual a importância relativa dos critérios abaixo para a priorização logística do transporte multimodal de cargas manufaturadas?

Somente os campos em verde devem ser preenchidos.
Instruções detalhadas podem ser encontradas na planilha "Instruções".

Clique nos links abaixo para acessar as matrizes de comparação.

Matriz G1 - Comparação dos Fatores Relacionados ao Grupo Tempo

| | Percurso | Expedição |
|-----------|----------|-----------|
| Percurso | 1 | |
| Expedição | #DIV/0! | 1 |

Grau de Consistência 0,000000

Julgamentos consistentes!

Escala numérica

1 - Igual importância

- | | |
|---|---|
| 3 - Linha pouco mais importante que Coluna | 1/3 - Coluna pouco mais importante que Linha |
| 5 - Linha muito mais importante que Coluna | 1/5 - Coluna muito mais importante que Linha |
| 7 - Linha bastante mais importante que Coluna | 1/7 - Coluna bastante mais importante que Linha |
| 9 - Linha extremamente mais importante que Coluna | 1/9 - Coluna extremamente mais importante que Linha |

Anexo C – Matriz G2: Comparação dos fatores relacionados ao grupo custo para o produto monitor

Qual a importância relativa dos critérios abaixo para a priorização logística do transporte multimodal de cargas manufaturadas?

Somente os campos em verde devem ser preenchidos.
Instruções detalhadas podem ser encontradas na planilha "Instruções".

Clique nos links abaixo para acessar as matrizes de comparação.

Matriz G2 - Comparação dos Indicadores Relacionados ao Grupo Custo

| | Frete | Pedágio | Seguro | Aluguel container | Tarifa Portuária |
|-------------------|---------|---------|---------|-------------------|------------------|
| Frete | 1 | | | | |
| Pedágio | #DIV/0! | 1 | | | |
| Seguro | #DIV/0! | #DIV/0! | 1 | | |
| Aluguel container | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | 1 | |
| Tarifa portuária | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | 1 |

Grau de Consistência

#DIV/0!

#DIV/0!

Escala numérica
1 - Igual importância

- 3 - Linha pouco mais importante que Coluna
- 5 - Linha muito mais importante que Coluna
- 7 - Linha bastante mais importante que Coluna
- 9 - Linha extremamente mais importante que Coluna

- 1/3 - Coluna pouco mais importante que Linha
- 1/5 - Coluna muito mais importante que Linha
- 1/7 - Coluna bastante mais importante que Linha
- 1/9 - Coluna extremamente mais importante que Linha

Anexo D – Matriz G2: Comparação dos fatores relacionados ao grupo custo para o produto celular

Qual a importância relativa dos critérios abaixo para a priorização logística do transporte multimodal de cargas manufaturadas?

Somente os campos em verde devem ser preenchidos. Instruções detalhadas podem ser encontradas na planilha "Instruções".

Clique nos links abaixo para acessar as matrizes de comparação.

Matriz G2 - Comparação dos Indicadores Relacionados ao Grupo Custo

| | Frete | Pedágio | Seguro | Tarifa aeroportuária |
|----------------------|---------|---------|---------|----------------------|
| Frete | 1 | | | |
| Pedágio | #DIV/0! | 1 | | |
| Seguro | #DIV/0! | #DIV/0! | 1 | |
| Tarifa aeroportuária | #DIV/0! | #DIV/0! | #DIV/0! | 1 |

Grau de Consistência #DIV/0!

#DIV/0!

Escala numérica

1 - Igual importância

- 3 - Linha pouco mais importante que Coluna
- 5 - Linha muito mais importante que Coluna
- 7 - Linha bastante mais importante que Coluna
- 9 - Linha extremamente mais importante que Coluna
- 1/3 - Coluna pouco mais importante que Linha
- 1/5 - Coluna muito mais importante que Linha
- 1/7 - Coluna bastante mais importante que Linha
- 1/9 - Coluna extremamente mais importante que Linha