

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA



Marcos Lopes Cançado Curi

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DOS MODAIS
FERROVIÁRIO E RODOVIÁRIO PARA O TRANSPORTE
DE CARGAS NA AMAZÔNIA**

Trabalho de Graduação

2009

Civil

Marcos Lopes Cançado Curi

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DOS MODAIS
FERROVIÁRIO E RODOVIÁRIO PARA O TRANSPORTE DE
CARGAS NA AMAZÔNIA**

Orientadora

Prof. Dra. Rogéria de Arantes Gomes Eller, ITA

Co-orientador

Prof. Dr. Wilson Cabral de Sousa Júnior, ITA

Divisão de Engenharia Civil

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS
COMANDO GERAL DE TECNOLOGIA AEROESPACIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE AERONÁUTICA

2009

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**Divisão de Informação e Documentação**

Curi, Marcos Lopes Cançado

Análise comparativa de custos dos modais ferroviário e rodoviário para o transporte de cargas na Amazônia/Marcos Lopes Cançado Curi.

São José dos Campos, 2009.

75 f.

Trabalho de Graduação – Divisão de Engenharia Civil - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, 2009.
Orientadora: Prof. Dra Rogéria de Arantes Gomes Eller

1. Transporte de carga. 2. Análise de custos. 3. Desenvolvimento sustentável. I. Comando Geral de Tecnologia Aeroespacial. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Divisão de Engenharia Civil. II. Título.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CURI, Marcos Lopes Cançado Curi. **Análise comparativa de custos dos modais ferroviário e rodoviário para o transporte de cargas na Amazônia.** 2009. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marcos Lopes Cançado Curi

TÍTULO DO TRABALHO: Análise comparativa de custos dos modais ferroviário e rodoviário para o transporte de cargas na Amazônia

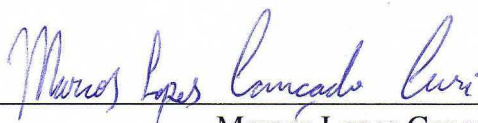
TIPO DO TRABALHO: Graduação / 2009

É concedida ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica permissão para reproduzir cópias deste trabalho de graduação e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem a autorização do autor.

Marcos Lopes Cançado Curi
Rua Antônio Dias 301, 301
Belo Horizonte, MG

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS DOS MODAIS FERROVIÁRIO E RODOVIÁRIO PARA O TRANSPORTE DE CARGAS NA AMAZÔNIA

Essa publicação foi aceita como Relatório Final de Trabalho de Graduação.



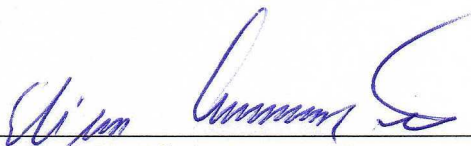
Marcos Lopes Cançado Curi
Autor



Prof. Dra. Rogéria de Arantes Gomes Eller, ITA
Orientadora



Prof. Dr. Wilson Cabral de Sousa Júnior, ITA
Co-orientador



Prof. Dr. Eliseu Lucena Neto
Coordenador do Curso de Engenharia Civil-Aeronáutica

São José dos Campos, 23 de novembro de 2009.

Dedico esse trabalho aos meus pais que me ajudaram intensamente a alcançar mais uma etapa de minha vida.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar em cada momento da minha vida.

Aos meus pais, Marcos e Marly, por todo o apoio e incentivo que me deram para me dedicar aos estudos.

À minha irmã Mariana, por estar, a todo o momento, me divertindo com suas histórias e acreditando no meu sucesso.

Aos meus avôs Luiz (in memoriam) e Waldemar (in memoriam) que, apesar de não poder acompanhar toda a minha trajetória, me ajudaram de todas as formas possíveis.

Às minhas avós que, infelizmente não as conheci, mas que, certamente, estariam me dando um apoio enorme nos meus estudos.

A todos os meus tios e primos que, quando precisei, sempre compartilharam comigo idéias e conselhos.

À professora Rogéria, minha orientadora e ao professor Wilson, meu co-orientador, pela dedicação, atenção e auxílio que tiveram comigo durante o Trabalho de Graduação.

Aos professores do ensino fundamental e do ensino profissional do ITA que contribuíram para que pudesse adquirir grandes conhecimentos técnicos.

Aos meus colegas da Engenharia Civil-Aeronáutica que, durante todo o curso, me ajudaram nas atividades acadêmicas e compartilharam comigo momentos de alegrias, tristezas e superação.

Aos meus colegas do Instituto Tecnológico de Aeronáutica com quem pude conviver durante 5 anos e me ajudaram a superar todos os obstáculos.

Aos meus companheiros de quarto, Marcelo, Virgílio, Noé, Marini e Cunha, com os quais pude conviver 4 anos e que se tornaram meus irmãos, me ajudando sempre que necessário.

Aos engenheiros da América Latina Logística, que, com muita paciência, me ajudaram a entender um pouco sobre ferrovias.

Ao Andrés Gumiero, que, quando necessário, me deu sugestões para que realizasse meu trabalho.

A todos meus amigos e todas as pessoas que, de alguma forma, me possibilitaram a realização do Trabalho de Graduação.

“O entusiasmo é a maior força da alma. Conserva-o e nunca te faltará poder para conseguires o que desejas.”
(Napoleon Hill)

Resumo

Este estudo avalia o custo total, no Brasil, de dois modais de transporte de cargas: rodoviário e ferroviário.

O objetivo da avaliação do custo total é fornecer um suporte para que a iniciativa pública ou privada possa conhecer melhor as implicações econômicas de investimento da expansão de qualquer um destes dois modos. O estudo analisa os custos internos de implantação, operação e manutenção, além de apresentar uma abordagem de custos externos, como o custo ambiental.

A partir da coleta de dados de empresas brasileiras do setor rodoviário e ferroviário, é mostrado um comparativo entre os custos de implantação, manutenção e operação de cada um dos modais. A análise do custo externo é feita utilizando ferramentas de valoração ambiental de impactos previstos, através de modelos de previsão de desmatamento.

Tendo em vista a análise dos custos globais a longo prazo de cada modal, cria-se um cenário de transporte de cargas baseado em dados reais e, com o auxílio dos custos atuais dos modais, faz-se a estimativa dos custos de transportes durante um período de dez anos.

Ao final deste trabalho conclui-se que o modal ferroviário se mostra mais vantajoso, tanto no aspecto econômico, quanto no aspecto ambiental, apesar de ter um custo inicial um pouco maior quando comparado ao modal rodoviário.

Abstract

This study estimates the total cost of two modes of cargo transportation in Brazil: road and rail.

The objective of evaluating the total cost is to provide support to public and private initiatives so they can better understand the economic implications of investment in the expansion of any of these modes. The study analyzes the internal costs of implementation, operation and maintenance, and presents an approach to external costs, such as environmental cost.

Based on data collected from road and rail brazilian companies, it is shown a comparison between the costs of implementation, maintenance and operation of each mode. The external cost analysis is accomplished by using environment valuation tools for environmental impacts predicted by deforestation models.

Given the analysis of the long term costs of each mode, a scenario of cargo transportation based on actual data is created, and, using the current costs of the modes, a estimation of transportation costs for a ten years period is done.

At the end of this study the conclusion is that the rail mode is more advantageous, both in the economic and in the environmental aspects, although it has a higher initial cost when compared to road transportation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa Multimodal do Sistema de Transportes.	16
Figura 1.2 Distribuição de cargas intermodais em toneladas úteis.....	17
Figura 1.3 Participação dos modais rodoviário e ferroviário no transporte de cargas	17
Figura 1.4 Percentual de exportações em peso por fator agregado	18
Figura 1.5 Percentual da receita por fator agregado	19
Figura 1.6 Mapa do Sistema Ferroviário Nacional.....	22
Figura 2.1 Estrutura de um pavimento rodoviário.....	27
Figura 2.2 Componentes de um pavimento asfáltico	28
Figura 2.3 Brita corrida	29
Figura 2.4 Pedra rachão	30
Figura 2.5 Superestrutura da ferrovia	31
Figura 2.6 Perfil do trilho tipo Vignole.	33
Figura 2.7 Grampo Pandrol.	34
Figura 2.8 Grampo Deenick	34
Figura 3.1 Probabilidade de desmatamento em função da distância do eixo da estrada.....	42
Figura 4.1 Custos de transportes analisados	43
Figura 4.2 Caminhão Mercedes Benz L 1620.	47
Figura 4.3 Locomotiva Dash 9	49
Figura 4.4 Vagão HFT.....	49
Figura 6.1 Evolução da carga ferroviária em milhões de toneladas úteis	63
Figura 6.2 Comparativo de custos de transportes dos modais rodoviário e ferroviário	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 Razão entre km de linha de ferrovias para cada 1000 km ² de área.	22
Tabela 4.1 Custos ambientais ao ano	44
Tabela 5.1 Custos de implantação para uma rodovia de 1.000 km em pista simples.....	51
Tabela 5.2 Custos operacionais, em reais, para caminhão L 1620 em 1.000 km.....	52
Tabela 5.3 Custos operacionais em 1.000 tku	53
Tabela 5.4 Custos de manutenção em 1.000 km	53
Tabela 5.5 Custos de manutenção em 1.000 tku	54
Tabela 5.6 Custos ambientais para a rodovia	55
Tabela 5.7 Custos de implantação para uma ferrovia de 1.000 km.....	56
Tabela 5.8 Custos de manutenção da ferrovia.....	58
Tabela 5.9 Custos de operação da ferrovia.....	59
Tabela 5.10 Custos de manutenção anual do material rodante.....	60
Tabela 5.11 Custos ambientais para a ferrovia.....	60
Tabela 6.1 Carga anual utilizada para o comparativo	64
Tabela 6.2 Informações a respeito do material rodante.....	64
Tabela 6.3 Quantidade de material rodante entre 1999 e 2008	65
Tabela 6.4 Custos de transporte para o modal rodoviário entre 1999 e 2008	66
Tabela 6.5 Custos de transporte para o modal ferroviário entre 1999 e 2008.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AAQ	Areia-asfalto a Quente
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
AMV	Aparelho de Mudança de Via
ANTF	Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CCP	Concreto de Cimento Portland
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COPPEAD	Coordenação de Programas de Pós-Graduação em Engenharia e Administração
CRCP	Continuously Reinforced Concrete Pavement
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
INPA	Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
ISOHDM	International Study of Highway Development and Management Tools
JPCP	Jointed Plain Concrete Pavement
JRCP	Jointed Reinforced Concrete Pavement
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PMF	Pré-misturado a Frio
PMQ	Pré-misturado a Quente
PND	Programa Nacional de Desestatização
PNLT	Plano Nacional de Logística e Transportes
RFFSA	Rede Ferroviária Federal S. A.
Tku	Toneladas-km-úteis
Pkt	Passenger-km-traveled
TSD	Tratamento Superficial Duplo
TSS	Tratamento Superficial Simples
TST	Tratamento Superficial Triplo
VE	Valor de Existência
VET	Valor Econômico Total
VO	Valor de Opção
VU	Valor de Uso

VUD	Valor de Uso Direto
VUI	Valor de Uso Indireto

SUMÁRIO

1	Introdução.....	15
1.1	Modal rodoviário	20
1.2	Modal ferroviário	21
1.3	Objetivo	24
1.4	Estrutura do Trabalho	24
2	Revisão bibliográfica.....	26
2.1	Aspectos construtivos	26
2.1.1	Rodovia.....	26
2.1.2	Ferrovia.....	30
2.1.2.1	Levantamento da superestrutura	32
2.2	Aspectos econômicos.....	35
2.2.1	Estudos econômicos de transportes	35
3	Meio ambiente e transportes	37
3.1	Valoração ambiental	39
3.2	Previsão de desmatamento	40
4	Metodologia	43
4.1	Transporte rodoviário	45
4.2	Transporte ferroviário	48
5	Resultados	50
5.1	Rodovia.....	50
5.1.1	Custos de implantação	50
5.1.2	Custos de manutenção da infraestrutura.....	52
5.1.3	Custos de operação da rodovia	52
5.1.4	Custos de manutenção do material rodante	53
5.1.5	Custo ambiental relativo à implantação e operação da rodovia	54
5.2	Ferrovia.....	55
5.2.1	Custos de implantação	55
5.2.2	Custos de manutenção da infraestrutura.....	57
5.2.3	Custos de operação da ferrovia.....	58
5.2.4	Custos de manutenção do material rodante	59
5.2.5	Custo ambiental relativo à implantação e operação da ferrovia.....	60
6	Comparações e análises de cenário	62
6.1	Cenário comparativo dos modais rodoviário e ferroviário entre 1999 e 2008	63
7	Conclusões	71
	Referências	73

1 Introdução

Nesse capítulo é abordada a situação atual da infraestrutura dos modais rodoviário e ferroviário no país e também é apresentada a distribuição de cargas entre os modais de transporte.

O sistema de transportes no Brasil, especialmente no que diz respeito ao movimento de cargas, se encontra em uma situação bastante complexa. Condições precárias das rodovias e dos caminhões, no setor rodoviário, além da falta de conectividade das ferrovias nacionais com os outros modais, são alguns fatores que vem dificultando bastante a logística de transportes no país. A consequência é um alto custo da logística por deficiência de infraestrutura de transporte de carga, o que diminui a competitividade do Brasil, refletindo no crescimento das empresas e do próprio país.

Um dos indicadores da ineficiência da logística de transporte no país foi relatado pela ANTF (Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários) no I Simpósio “Infra-Estrutura e Logística no Brasil: Desafios para um País Emergente”, no Senado Federal, nos dias 26 e 27 de novembro de 2008, sugerindo que é necessário expandir a Malha Ferroviária Brasileira de forma integrada com os diversos modos de transporte, considerando todas as regiões do País.

A deficiência da infraestrutura de transportes vem de longa data, consequência das decisões de políticas públicas na escolha do modal de transporte a ter investimentos priorizados. Quanto à implantação de obras de infraestrutura de transportes, percebe-se que o país privilegia os investimentos no modal rodoviário. A Figura 1.1 mostra a inexpressividade da malha ferroviária e hidroviária em face da malha rodoviária. Além disso, a distribuição de carga transportada por modal também acompanha a priorização do transporte rodoviário como se vê na Figura 1.2.

Em países de grande extensão territorial como os Estados Unidos, China, Rússia e Canadá, a participação do modal ferroviário é bem maior que a do modal rodoviário no transporte de cargas, conforme é apresentado na Figura 1.3. Pode-se observar na mesma figura que a participação no transporte de cargas, no Canadá, por exemplo, passa de 60 %, enquanto no Brasil esse percentual é pouco maior de 20 %.

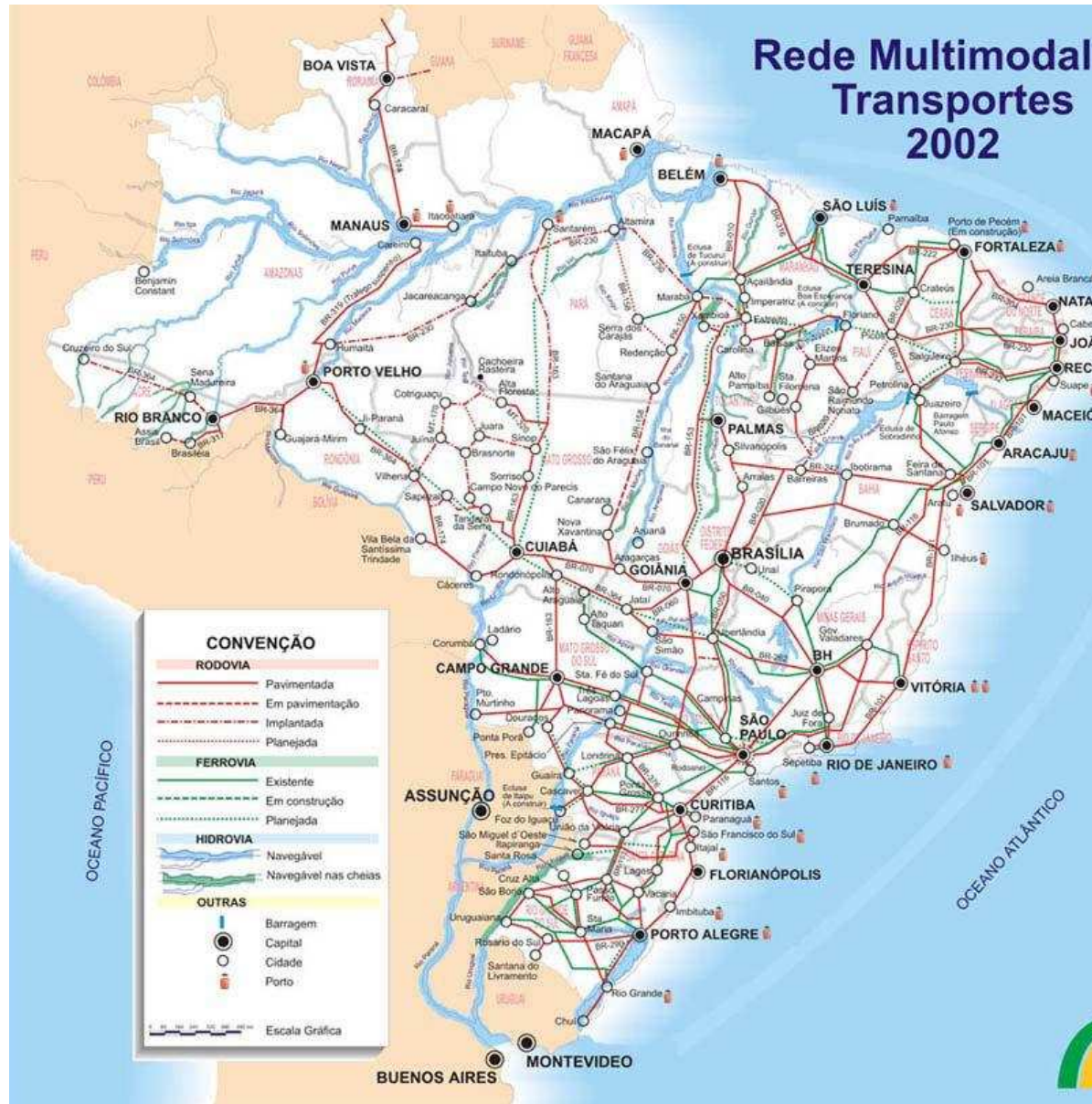


Figura 1.1 Mapa Multimodal do Sistema de Transportes. [1]

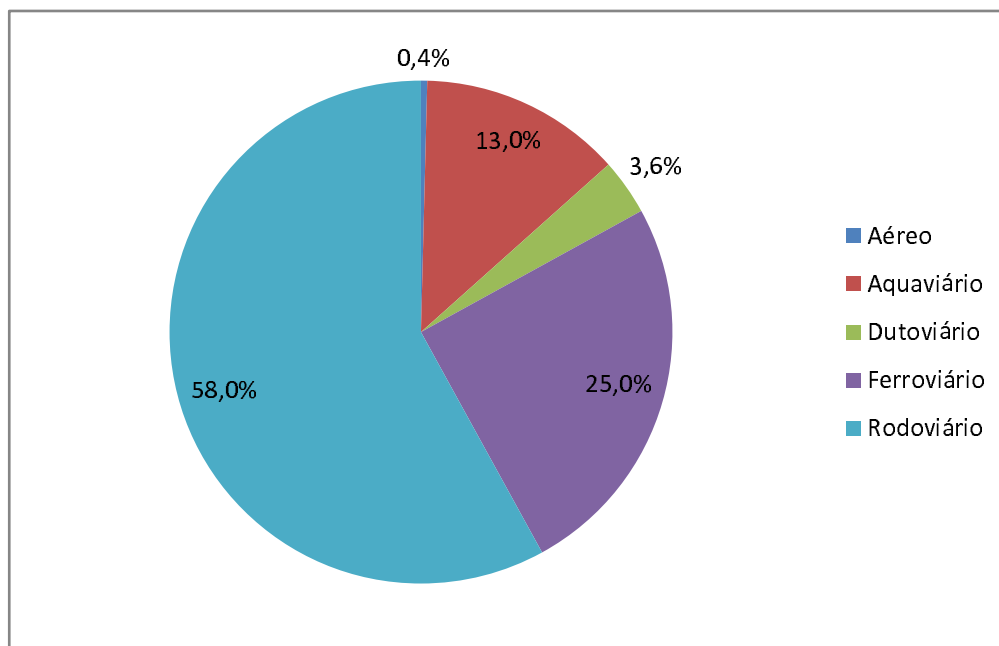


Figura 1.2 Distribuição de cargas intermodais em toneladas úteis. [2]

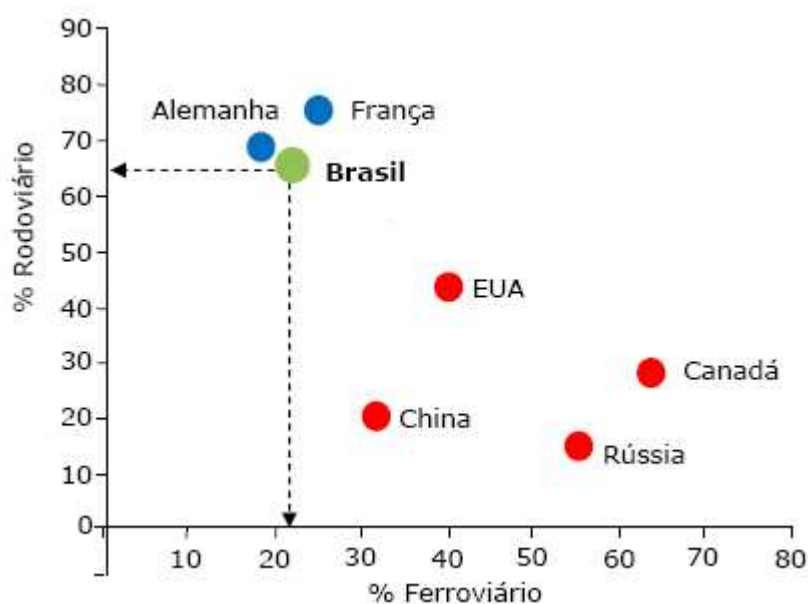


Figura 1.3 Participação dos modais rodoviário e ferroviário no transporte de cargas
Fonte: Adaptado de [3]

O Brasil, por ter a balança comercial de exportação baseada em bens básicos, necessita de transportes com altas capacidades de carga. A Figura 1.4 mostra a o percentual da receita em dólares correspondente a cada fator agregado no período de 1999-2008.

Na Figura 1.4 pode ser observado que o percentual em peso das exportações brasileiras varia de 75 % a 85 % do peso total das exportações para os bens básicos. Entre

esses produtos estão o minério, o petróleo, o farelo, as carnes e o fumo. Em termos de bens semimanufaturados como açúcar, celulose, ferro e aço, alumínio, esse percentual varia de 7 a 11 %. Já em relação aos produtos manufaturados, tais como os automóveis, as autopeças, os aviões, os motores e os laminados, esse percentual oscila entre 9 e 13 %. Verifica-se, portanto, que a parcela mais significativa das exportações do país, em termos de peso, corresponde aos produtos básicos.

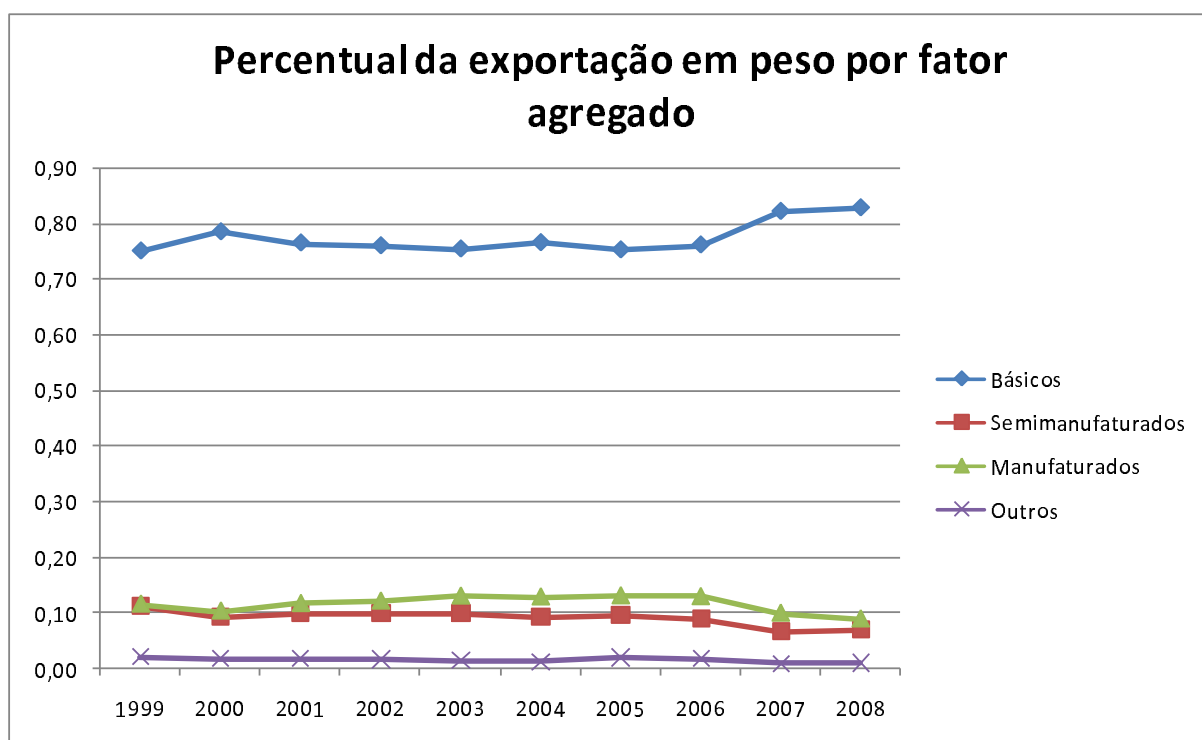


Figura 1.4 Percentual de exportações em peso por fator agregado

Fonte: Adaptado de [4]

Em relação à receita, a distribuição percentual em relação a cada fator agregado difere um pouco. A Figura 1.5 apresenta os percentuais da receita anual em dólares correspondente a cada grupo de produtos.

Pode-se ver na Figura 1.5 que o percentual da receita dos produtos básicos vem crescendo ligeiramente, passando de 25 % em 1999 a 37 % em 2008. Já a receita relativa aos produtos semimanufaturados vem oscilando em torno de 14 % durante o período analisado. Em contrapartida, o percentual da receita dos produtos manufaturados vem reduzindo ao longo dos anos, passando de 57 % em 1999 para cerca de 47 % em 2008. Dessa forma, pode-se dizer que a receita percentual de produtos manufaturados é praticamente equivalente à de produtos básicos.

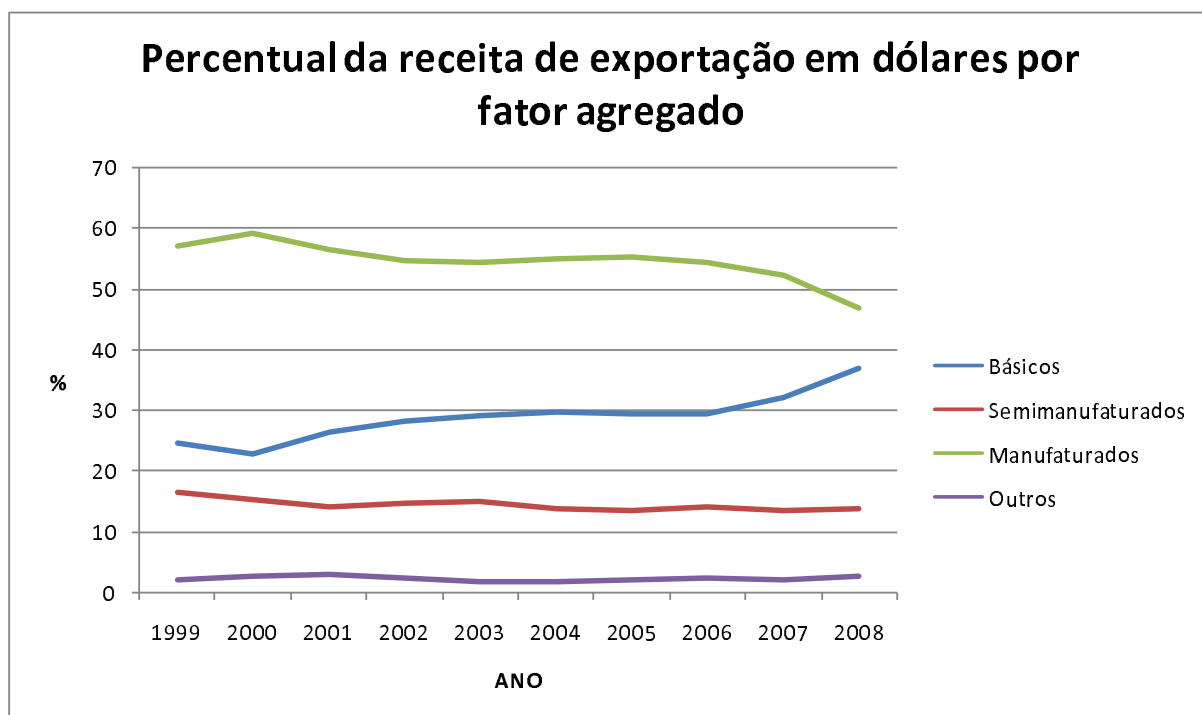


Figura 1.5 Percentual da receita por fator agregado
Fonte: Adaptado de [4]

O problema de infraestrutura de transportes vem sendo percebido e alguns projetos de rodovias e ferrovias estão surgindo com o objetivo de diminuir os custos logísticos e melhorar a infraestrutura de transporte brasileiro, barateando o custo final dos produtos exportados e tornando-os mais competitivos internacionalmente.

Porém, à medida que surgem os projetos de infraestrutura, surgem grandes debates e preocupações da comunidade científica e de organizações locais sobre os impactos que tais obras podem trazer às regiões onde novas vias serão implantadas.

Tendo em vista os custos de implantação, operação e manutenção dos modais rodoviário e ferroviário, este trabalho busca nortear as decisões públicas e privadas de investimentos do setor de transportes, comparando, para os diferentes modais, os custos envolvidos no transporte de cargas em um cenário em que tais modais possam ser competitivos. Além disso, em face da corrente questão ambiental envolvida nos processos de grandes obras de infraestrutura, busca-se comparar os custos ambientais envolvidos em obras desse porte.

A análise ambiental se faz necessária, pois com o desenvolvimento e utilização intensiva de vários meios de transporte, em especial o rodoviário, começaram a aparecer fortes indícios da existência de fatores colaterais negativos. Apesar disso, a falta de

alternativas viáveis, face aos benefícios imediatos obtidos noutras áreas de grande desenvolvimento socioeconômico, bem como a pressão que esse mesmo desenvolvimento provocou na mobilidade em geral, levaram a que os impactos gerados fossem tradicionalmente deixados de lado, apesar do seu alcance e conseqüências a médio e longo prazo serem cada vez mais negativos. Nas últimas décadas, em um cenário de consolidação desse desenvolvimento socioeconômico, devido à escassez de alguns recursos intensivamente utilizados, bem como aos alertas provocados por impactos que surgiram em escala global (como o efeito estufa) verificou-se finalmente uma preocupação coletiva e uma consciência social ampliada. As questões da gestão e manutenção de recursos escassos tornaram-se gradualmente pontos chave das análises sociais e políticas em uma tentativa de, pelo menos a médio prazo, atingir um equilíbrio sustentável sem comprometer as gerações futuras. [5]

1.1 Modal rodoviário

O Brasil é hoje um país cuja grande parte do transporte de mercadorias concentra-se no modal rodoviário. A extensão e a infraestrutura da malha rodoviária sempre influenciaram os fluxos e os direcionamentos adotados por transportadores entre os estados brasileiros.

Diante da necessidade de investimentos e manutenção da qualidade e da eficiência das rodovias para atender as expectativas desse crescimento econômico, é fundamental desenvolver estudos que viabilizem a identificação de prioridades de investimentos, visando ao equilíbrio econômico e social do Brasil. É possível compreender que o desenvolvimento econômico coloca em xeque a questão da infraestrutura de transportes como um gargalo fundamental a esse desenvolvimento, pois uma boa parte das mercadorias que chegam aos mercados externos passa, em algum momento, pela malha rodoviária nacional.

O governo federal usa a infraestrutura de transportes como impulsionador de desenvolvimento regional e nacional, que acaba propagando entre os setores da economia um grande crescimento em termos de geração de emprego e renda.

Tendo em vista essa questão, é importante discutir a situação da infraestrutura da malha rodoviária. De acordo com o DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes), em 2003, a situação da malha rodoviária era a seguinte: 18,2% em bom estado, 35,4% em estado regular e 46,4% em mau estado de conservação. [6]

Já o levantamento das condições das rodovias pavimentadas pela Confederação Nacional do Transporte (CNT), em 2009, mostra um cenário global ainda desfavorável da infraestrutura rodoviária, com 69,1% da extensão pesquisada (61.839 km) apresentando problemas de pavimento, sinalização e/ou geometria viária. [7]

Conclui-se, assim, que há a necessidade dos tomadores de decisão pública envidar esforços para mudar esse estado precário das vias e, que, caso isso não aconteça há consequências que deverão ser enfrentadas, como grandes dificuldades no sistema de escoamento da produção do país.

Outro ponto a se considerar é a participação da iniciativa privada no setor de infraestrutura. O Programa de Concessão de Rodovias Federais abrange 13.780,78 quilômetros de rodovias, que se dividem em concessões realizadas pelo Ministério dos Transportes, pelos governos estaduais e pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). Com as concessões, o governo transfere a responsabilidade de manutenção das rodovias para a iniciativa privada, numa tentativa de melhorar a situação do setor. Porém, cabe ressaltar que o país possui 1.711.958,4 km de rodovias, sendo que apenas 212.442,0 km são pavimentados. [6]

1.2 Modal ferroviário

A falta de grandes investimentos no setor ferroviário no Brasil pode explicar o fato que a malha ferroviária não abranja grande parte do país. Como se pode verificar na Figura 1.6, a cobertura de ferrovias no país é baixa, além de regiões como norte, nordeste e centro-oeste do Brasil estarem praticamente fora do mapeamento do sistema ferroviário nacional.

Deve-se ressaltar que países de grande extensão territorial, como é o caso do Brasil, possuem uma cobertura de ferrovias bem maior do que este, como é mostrado na Tabela 1.1.

O investimento em ferrovias vem crescendo com a concessão das linhas ferroviárias às empresas privadas. A partir desse momento, a malha ferroviária começa a receber mais investimentos buscando chegar à excelência no transporte de cargas e mercadorias e assim, aumentar a parcela de participação intermodal do transporte ferroviário no transporte de cargas.

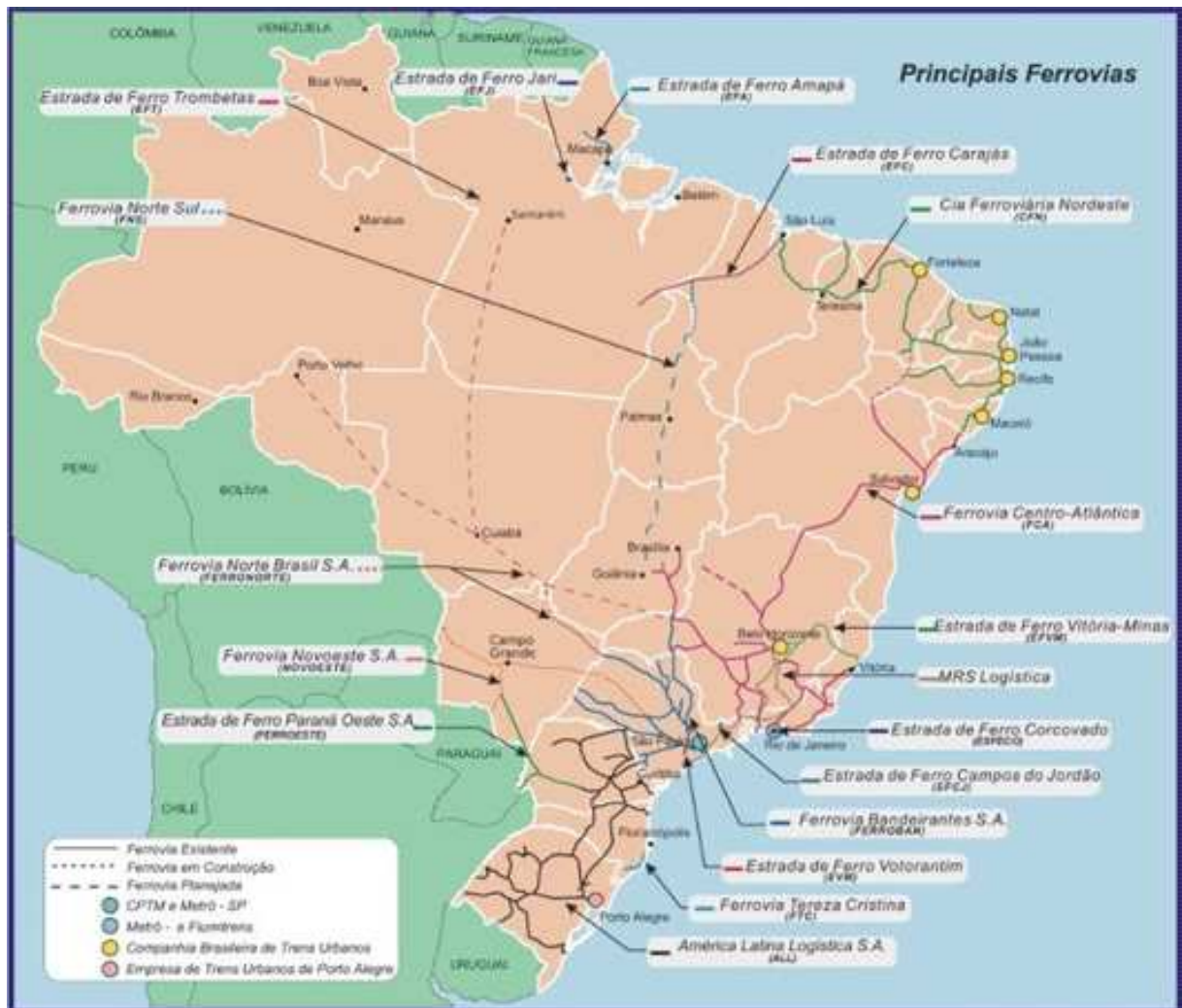


Figura 1.6 Mapa do Sistema Ferroviário Nacional. [1]

Tabela 1.1 Razão entre km de linha de ferrovias para cada 1000 km² de área.

País	km/1.000 km ²
Estados Unidos	21,3
China	9,3
Canadá	7,0
Rússia	5,1
Brasil	1,3

Revista Exame, 2009. [8]

De acordo com a ANTT (2009), antes da privatização, a linha era de qualidade ruim, com dormentes deteriorados, lastro contaminado, trilhos gastos e desalinhados, a faixa de domínio não era capinada e a sinalização era deficiente. Já o material rodante, antes da privatização, era composto por vagões inadequados e locomotivas sucateadas. [1]

O processo de desestatização da Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) foi incluído no PND (Programa Nacional de Desestatização) em 1992. No processo, a RFFSA foi dividida em sete malhas regionais: Oeste, Centro-Leste, Sudeste, Tereza Cristina, Sul, Nordeste e Paulista. [1]

Até os dias atuais, foram concedidos 25.599 km de linhas ferroviárias. Desde 1997, quando efetivamente teve início o processo de desestatização com a concessão das ferrovias, a quantidade de carga movimentada no setor ferroviário aumentou em aproximadamente 95,1%, de 137,2 bilhões de tku¹ ao ano em 1997 para 267,7 bilhões de tku ao ano em 2008. Já os investimentos na malha ferroviária passaram de 574 milhões de reais em 1997 para 4.610 milhões de reais em 2008. [1]

As melhorias decorrentes da desestatização vêm contribuindo para reduzir acidentes nas malhas em funcionamento, passando de 75,5 para 14,6 acidentes por milhão de trens por km, uma redução de 80,7 % entre 1997 e 2008, de acordo com a ANTT. As referências internacionais indicam valores próximos aos alcançados, entre 8 e 13 acidentes por milhão de trens por km. [1]

Após a privatização das ferrovias, observou-se a duplicação da frota de locomotivas, o aumento da produção, a operação de trens unitários e expressos e a redução de acidentes. [9]

Fazendo um comparativo da situação atual da malha ferroviária com o período anterior à sua desestatização, é possível imaginar um promissor crescimento da atividade no país, sobretudo pela possibilidade de se aumentar a participação do modal ferroviário no transporte de cargas e de passageiros.

Dentro dessa perspectiva, é de suma importância conhecer profundamente a situação atual do modal ferroviário e todo o crescimento alcançado nos últimos anos.

¹ tku: toneladas-km-úteis

No Brasil existem ferrovias com padrões de competitividade internacional, e a qualidade das operações permite, entre outras coisas, a agilidade necessária para a integração multimodal. [1] Vale ressaltar que muitas outras ainda precisam de investimentos e por isso é de suma importância se conhecer a realidade e a capacidade de cada trecho, a fim do país se tornar mais competitivo com o mercado externo. Um dos principais problemas no setor ferroviário no Brasil é o uso de diferentes bitolas (distância entre as faces internas das duas filas de trilhos) nas ferrovias, principalmente a bitola métrica (1,00 m) e a bitola larga (1,60 m), o que impede a unificação eficiente da malha ferroviária nacional.

O problema da diferença de bitolas surgiu no início do século XIX, com uma falta de coordenação do governo, ao permitir as construções de ferrovias sem uma padronização. Havia a corrente dos “larguistas”, que eram a favor da bitola larga, alegando que esta bitola proporcionava velocidades maiores em relação à bitola estreita e a corrente dos “estreitistas”, que eram a favor da bitola estreita, justificando que esta bitola exigia condições geométricas mais simples, tornando a construção mais econômica. [10]

Atualmente, o sistema ferroviário brasileiro apresenta um cenário evolutivo favorável e é possível perceber que os investimentos nesse setor poderão elevar seu potencial.

1.3 Objetivo

Este trabalho pretende comparar os custos de implantação, operação e manutenção dos modais rodoviário e ferroviário, além de estimar os custos decorrentes dos impactos ambientais gerados com a implantação e a operação de cada um dos modais, de maneira a subsidiar a tomada de decisão de investimento do setor público quanto à implantação de novas vias. O estudo pretende avaliar os modais ferroviário e rodoviário em um local aonde a implantação de ambos seja viável.

1.4 Estrutura do Trabalho

A estrutura organizacional adotada neste trabalho é a divisão dos assuntos em capítulos.

No Capítulo 1, se descreve a situação da malha rodoviária e ferroviária do Brasil, além de mostrar como se encontra o transporte de cargas entre os modais de transportes.

No Capítulo 2, são abordados alguns tópicos relacionados aos modais rodoviário e ferroviário. Apresenta-se a superestrutura de uma rodovia e de uma ferrovia, descrevendo e comentando alguns dos modos construtivos usuais.

No Capítulo 3, é mostrada a importância do aspecto ambiental na implantação e operação de um modal de transportes e são descritos métodos de se valorar os danos ambientais. Além disso, é apresentado um modelo de previsão de desmatamento em torno de uma rodovia.

O Capítulo 4 aborda os passos realizados para os cálculos dos custos de transportes, além de indicar as fontes de consultas dos dados necessários para as análises.

No Capítulo 5 são apresentados comparativos entre o modal rodoviário e o ferroviário, no que diz respeito aos diversos tipos de custos relacionados ao transportes de carga, como os custos de implantação, manutenção, operação, além dos custos ambientais.

Já no Capítulo 6 é feita uma análise dos custos abordados no Capítulo 5, além do custo global, para cada um dos modais, em um cenário hipotético, baseado na carga transportada no período de 1999 a 2008.

No Capítulo 7 são apresentadas considerações sobre a importância desse estudo econômico em uma tomada de decisão sobre a priorização de investimentos no modal rodoviário ou no modal ferroviário, justificando o desenvolvimento desse trabalho. As conclusões e sugestões para futuras pesquisas envolvendo os modais rodoviário e ferroviário, decorrentes dos resultados obtidos também estão apresentadas nesse capítulo.

2 Revisão bibliográfica

Nesse capítulo são abordados alguns modos construtivos de rodovias e de ferrovias utilizados atualmente, bem como o comportamento dos custos de cada um desses modos.

2.1 Aspectos construtivos

2.1.1 Rodovia

Este item do estudo é baseado especialmente em RODRIGUES (2007) [11].

Um pavimento rodoviário é uma estrutura assentada sobre uma fundação apropriada, com o objetivo de propiciar uma superfície de rolamento que permita o tráfego seguro e confortável de veículos, nas velocidades operacionais dimensionadas e sob quaisquer intempéries. Há uma grande diversidade de tipos de pavimento e a escolha daquele mais apropriado, depende, basicamente, da natureza dos veículos que nele vão operar e do volume de tráfego, variando desde as estradas de cascalho até os pavimentos rodoviários de Concreto de Cimento Portland (CCP).

Ao se dimensionar um pavimento deve-se ter em mente a ação das cargas do tráfego e os efeitos do intemperismo (variações de temperatura e umidade ao longo do tempo). Também é necessário que se leve em conta a classe da rodovia (relacionada ao volume de tráfego) e os recursos financeiros e materiais existentes para se escolher o tipo do pavimento mais indicado. Em termos gerais, a estrutura de um pavimento rodoviário divide-se em camadas de base e de revestimento, como mostrada na Figura 2.1.

A camada asfáltica de revestimento, em pavimento flexível ou rígido, tem as seguintes funções:

- impermeabilizar o pavimento para manter a capacidade de suporte das camadas inferiores em níveis admissíveis;
- propiciar uma superfície resistente à derrapagem, aumentando a segurança dos veículos, inclusive sob chuvas;

- permitir um conforto ao rolamento, evitando-se trepidações e permitindo velocidades elevadas.

Já a camada de base, em pavimento rígido ou flexível, tem as funções a seguir:

- reduzir as tensões verticais que atingem as camadas de sub-base e subleito;
- reduzir as deformações de tração que as cargas de roda aplicam ao revestimento asfáltico, diminuindo o trincamento por fadiga, possibilitando um aumento na vida de serviço do pavimento;
- permitir a drenagem de águas que infiltrem no pavimento asfáltico.

A camada asfáltica, ou revestimento, de um pavimento novo é constituída por uma camada com função estrutural (resistir às tensões advindas das cargas do tráfego) e por uma camada delgada superficial de desgaste, que propicia condições mínimas de resistência à derrapagem, impermeabilizando a superfície e protegendo a camada estrutural subjacente contra a oxidação.

A Figura 2.2 mostra um diagrama com os componentes de um pavimento flexível e de um pavimento rígido.

A camada estrutural de um revestimento de um pavimento flexível pode ser composta por um ou uma combinação seguintes materiais asfálticos:

- CBUQ: concreto betuminoso usinado a quente;
- PMQ: pré-misturado a quente;
- PMF: pré-misturado a frio;
- AAQ: areia-asfalto a quente.

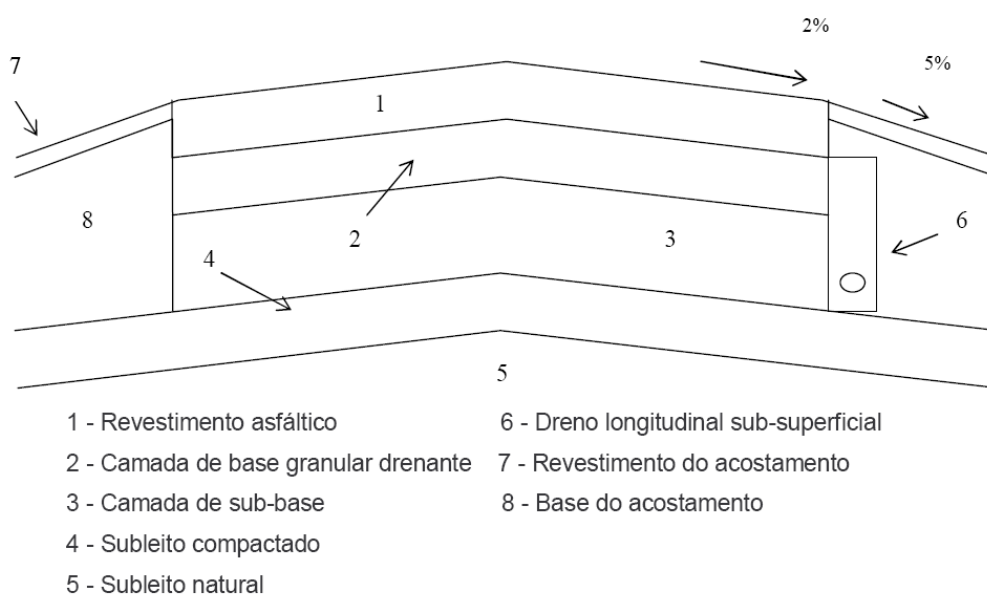


Figura 2.1 Estrutura de um pavimento rodoviário. [11]

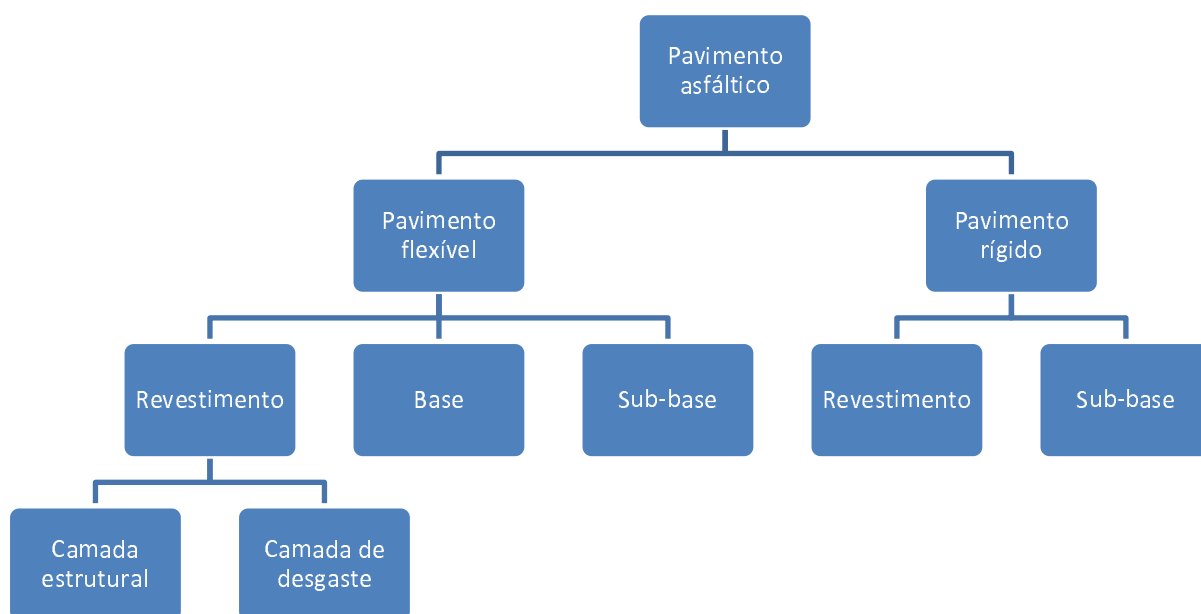


Figura 2.2 Componentes de um pavimento asfáltico

Fonte: Autor

O CBUQ tem um volume de vazios de ar bem menor do que o PMQ, devido às maiores exigências nas dosagens de seus componentes.

O PMF é fabricado com emulsão asfáltica ou com asfalto diluído, possuindo uma coesão inferior à de um CBUQ, visto que não há a formação de uma película de asfalto que envolve os agregados tão perfeitamente quanto no CBUQ.

A AAQ é utilizada em regiões onde há grandes dificuldades de se encontrar agregados (cascalhos ou brita) e sua grande deficiência é não resistir a deformações plásticas sob cargas repetidas em condições de temperaturas elevadas.

A camada estrutural pode ter uma camada drenante, constituída por uma mistura tipo PMQ ou PMF com elevado teor de vazios de ar e ligada a drenos longitudinais ou ao ar livre nos acostamentos. A função dessa camada é retirar do pavimento as águas pluviais que se infiltram pelas trincas superficiais.

Já a camada de desgaste de um revestimento de pavimento flexível pode ser constituída por:

- Lama Asfáltica: mistura a frio de areia, pó de pedra e emulsão;
- Tratamento Superficial: camada delgada feita pela aplicação alternada de ligante asfáltico e agregados. Pode ser simples (TSS), duplo (TSD) ou triplo (TST), em função do número de camadas. O TSS é normalmente utilizado em acostamentos, enquanto que o TSD e o TST

podem ser a própria camada de revestimento em situações em que o volume de tráfego e a magnitude das cargas estão abaixo de certos limites;

- Camada Porosa de Atrito: é um CBUQ feito com elevado volume de vazios de ar, de maneira que as águas das chuvas infiltram na camada e percolam através dela até sair pelo acostamento.

Em termos de um pavimento rígido, o revestimento pode ser de um dos seguintes tipos:

- JPCP (Jointed Plain Concrete Pavement): pavimento de concreto simples com juntas;
- JRCP (Jointed Reinforced Concrete Pavement): pavimento de concreto armado com juntas;
- CRCP (Continuously Reinforced Concrete Pavement): pavimento de concreto continuamente armado.

A camada de base de pavimentos flexíveis e rígidos tem a função de fornecer suporte estrutural para a camada de revestimento e, além disso, aliviar as tensões que as cargas do tráfego transmitem para as camadas subjacentes, que possuem menor capacidade de suporte do que o revestimento. Normalmente, utiliza-se, na base, uma brita bem graduada. Porém, uma mistura asfáltica tipo macadame betuminoso, um PMQ ou um PMF também podem ser utilizados. A camada de base, ainda, pode ser composta por um solo ou um material granular estabilizados quimicamente por ligantes hidráulicos, de maneira a se obter materiais cimentados de um dos tipos: concreto rolado, brita graduada tratada com cimento, solo-cimento, solocal, areia-cal-cinza volante. Não se recomenda a utilização da brita corrida (material sem graduação definida, obtido diretamente do britador primário, sem separação por peneiramento) e do rachão (pedras de grandes dimensões, variando de 0,30 m a 1,00 m de diâmetro) em camadas da base, pois, com esses materiais, é de se esperar deformações geradas por acomodação adicional produzida pelo tráfego, após a compactação. A Figura 2.3 mostra a brita corrida e a Figura 2.4 o rachão.



Figura 2.3 Brita corrida. [12]



Figura 2.4 Pedra rachão. [12]

Já a camada de sub-base de um pavimento flexível ou de um pavimento rígido é constituída por um material menos nobre daquele utilizado na camada de base e serve de plataforma construtiva para a camada de base. Sua função mais importante é permitir reduções de espessura da camada de base, aliviando as tensões para as camadas menos resistentes, como a de reforço do subleito e de subleito.

Na camada de sub-base pode-se usar uma mistura asfáltica tipo macadame betuminoso, um PMQ, um PMF ou misturas tipo Solo-Betume. A conveniência de se ter uma base betuminosa é a alta capacidade de suporte que pode ser obtida, aliada à alta densidade e à baixa permeabilidade.

2.1.2 Ferrovia

A ferrovia difere um pouco da rodovia em termos de construção. No projeto de uma ferrovia há a necessidade de se trabalhar com rampas de aclive menos íngremes e raios de curvas maiores do que a rodovia, devido às diferenças entre os veículos que operam em cada modal. Por outro lado, os veículos ferroviários têm maior capacidade de carga em relação ao modal rodoviário, o que acaba diferenciando a operação e manutenção de cada um dos modais.

Ao se executar um projeto de uma ferrovia deve-se ter em mente um aspecto primordial - a carga anual de transporte.

Ao se definir a carga anual a ser transportada no período de projeto (normalmente 20 anos para esse tipo de obra), tem-se uma boa referência para a escolha da bitola. No Brasil, como já mencionado, utilizam-se basicamente dois tipos de bitola, a métrica (1,00 m) e a

larga (1,60 m). Atualmente, devido aos grandes volumes de cargas transportadas nas ferrovias (acima de 10.000.000 toneladas-km-úteis ao ano), especialmente em regiões produtoras de grãos como o Centro-Oeste, tem-se preferência pela bitola larga. Também se deve levar em conta que a bitola larga permite maiores velocidades do que a bitola métrica, fator importantíssimo para o nível de serviço atual demandado e a competitividade do setor de transportes. [12]

O levantamento do custo de implantação de uma ferrovia é feito em duas principais etapas de construção:

- 1) atividades de infraestrutura, composta pelo conjunto de obras de terraplanagem (cortes e aterros) e de arte (pontes, túneis, viadutos, passagens de nível, entre outros);
- 2) atividades da superestrutura, composta pelo conjunto de obras destinadas a montagem de trilhos sobre dormentes, lastro e sublastro, em duas fileiras, separados por determinada distância (bitola). [12]

A Figura 2.5 mostra um esboço da estrutura da via permanente.

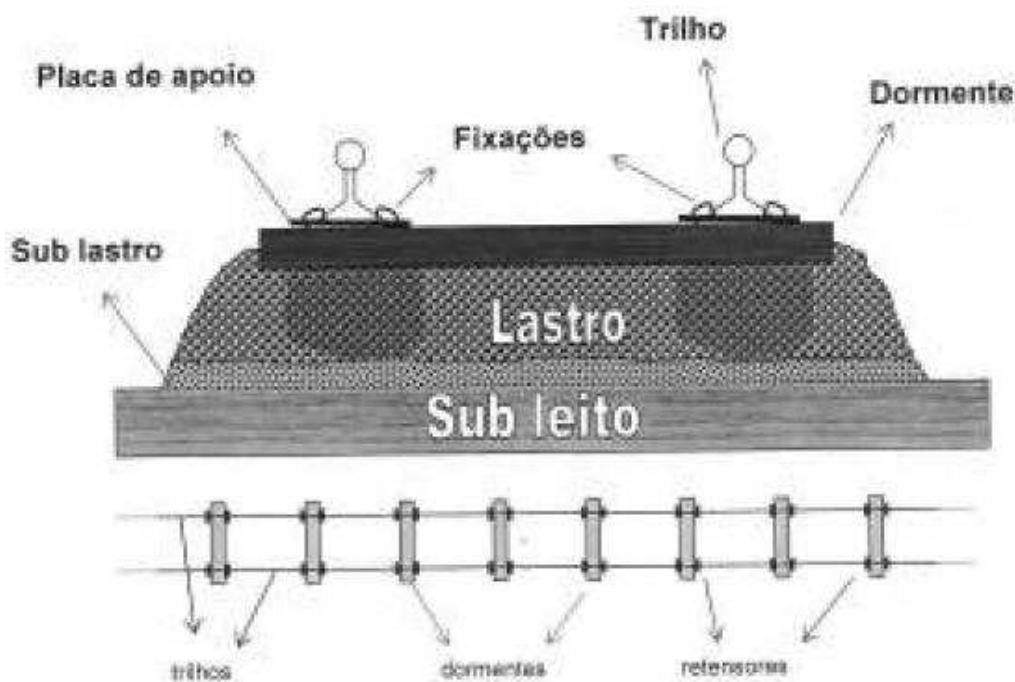


Figura 2.5 Superestrutura da ferrovia. [12]

Observam-se na Figura 2.5 os principais componentes da superestrutura, os trilhos, os dormentes, o lastro e os seus acessórios (grampos de fixação, placas de apoio e retensores).

2.1.2.1 Levantamento da superestrutura

Este item do trabalho é baseado especialmente em SCHECHTEL. (2003) [12].

As principais partes da superestrutura, que dão a sustentação à carga ferroviária são: o lastro, o sublastro, os dormentes e os trilhos.

O lastro é o elemento da superestrutura, situado entre os dormentes e a plataforma (sublastro) que tem as seguintes funções:

- distribuir convenientemente sobre a plataforma (sublastro) os esforços resultantes das cargas dos veículos, produzindo um esforço menor sobre a plataforma;
- formar um suporte, até um determinado limite elástico, atenuando as trepidações resultantes da passagem dos veículos;
- sobrepondo-se a plataforma, suprimir suas irregularidades, formando uma superfície contínua e uniforme para os dormentes e trilhos;
- impedir os deslocamentos dos dormentes, quer no sentido longitudinal, quer no transversal;
- facilitar a drenagem da superestrutura.

Os materiais utilizados para lastro são: terra, areia, cascalho, escórias e pedra britada. Devido à melhor qualidade, além da facilidade de obtenção e da ausência de poeira entre as pedras, a pedra britada de rochas duras é a melhor opção para se construir um lastro bastante uniforme de uma ferrovia de qualidade. As dimensões das pedras devem ser entre 2 e 6 cm de diâmetro e, de preferência, que sejam de rochas como basalto, granito, diábase ou gneiss. O volume de lastro recomendado para uma linha principal com trilhos continuamente soldados é de $2.500 \text{ m}^3/\text{km}$ de linha.

O sublastro é o elemento da superestrutura situado entre o lastro e o leito da ferrovia. A função do sublastro é receber e transmitir ao leito as cargas que advindas do lastro, além de contribuir para a drenagem superficial da via permanente.

Geralmente, a graduação da brita utilizada no sublastro é menor do que aquela utilizada no lastro. Uma camada de espessura de 12 cm de pedra britada ao longo da extensão da ferrovia é um valor bastante usado no país.

O dormente é o elemento da superestrutura que tem por função receber e transmitir ao lastro os esforços produzidos pelas cargas dos veículos, servindo de suporte dos trilhos, permitindo a sua fixação e mantendo invariável a distância entre eles (bitola).

Para cumprir a sua finalidade, os dormentes devem ter:

- Comprimento e largura que forneçam uma superfície de apoio suficiente para que a taxa de trabalho no lastro não ultrapasse certo limite;
- Espessura que lhe dê uma rigidez necessária, permitindo, entretanto, certa elasticidade;
- Resistência suficiente aos esforços;
- Boa durabilidade.

Quanto ao material, os dormentes mais utilizados atualmente são: madeira, aço e concreto. Cada tipo de dormente tem suas vantagens e desvantagens.

As empresas ferroviárias brasileiras geralmente têm preferência pelo dormente de concreto monobloco, visto que este tem um custo inicial intermediário entre a madeira e o aço, uma ótima durabilidade e uma variabilidade menor no que diz respeito às dimensões e resistência quando comparado ao dormente de madeira. Além do mais, os dormentes de madeira apodrecem e, freqüentemente, precisam ser trocados. A taxa de dormentes por km pode variar entre 1500 e 2000, mas é de praxe o uso de 1.600 peças por km nas ferrovias brasileiras.

O trilho é o elemento da superestrutura que constitui o apoio e é ao mesmo tempo a superfície de rolamento para as rodas dos veículos ferroviários.

Desde o início da era comercial das estradas de ferro no século XIX, a forma e o comprimento dos trilhos evoluíram gradativamente até atingirem os perfis modernos de grande seção e também permitir as pesadas cargas por eixo dos trens modernos. Atualmente, o tipo de perfil utilizado é o do tipo Vignole, conforme mostrado na Figura 2.6.



Figura 2.6 Perfil do trilho tipo Vignole. [12]

Geralmente, os trilhos são caracterizados por sua densidade linear (peso por unidade de comprimento). Assim, têm-se os trilhos TR-32, TR-40, TR-45, TR-50, TR-57, TR-60, TR-68, UIC-60, GB-60, entre outros. As letras nos códigos citados indicam as normas seguidas na fabricação dos trilhos (TR- americanas, GB- chinesas, UIC- européias) e os números indicam a densidade linear. Quanto maior a densidade linear do trilho, maior deve ser a resistência do mesmo ao desgaste. Por esse motivo, nas ferrovias construídas recentemente no país, tem-se a preferência pelo UIC-60.

Para se fixar os trilhos aos dormentes, pode-se utilizar uma fixação fixa como o tirefond e o prego de linha ou optar pelo uso da fixação elástica do tipo Pandrol ou do tipo Deenick. A Figura 2.7 mostra a fixação do tipo Pandrol, já a Figura 2.8 mostra a fixação do tipo Deenick. A fixação elástica, ao contrário da rígida, permite maior suavidade ao rolamento dos veículos ferroviários e impedem de maneira mais eficaz o deslocamento longitudinal dos trilhos. Além disso, a fixação elástica requer menores cuidados com a manutenção do que a fixação rígida, que requer substituições e reapertos constantes.



Figura 2.7 Grampo Pandrol. [12]



Figura 2.8 Grampo Deenick. [12]

No item a seguir serão abordados conceitos econômicos dos modais de transportes.

2.2 Aspectos econômicos

Uma empresa de transportes, assim como qualquer empresa capitalista visa à obtenção de lucro. A minimização dos custos de produção de determinado nível de produto, é parte importante da maximização de lucros da empresa.

Segundo VARIAN [13], para encontrar o meio mais barato de alcançar um dado nível de produção é preciso minimizar a soma do produto das quantidades dos fatores de produção utilizados pelo custo de cada fator, para o nível de produção desejado.

Por exemplo, suponha que se tenha dois fatores de produção de preços w_1 e w_2 e se deseje encontrar o meio mais barato de alcançar um nível de produção y . Se x_1 e x_2 representarem as quantidades utilizadas dos dois fatores, e $f(x_1, x_2)$ for a função de produção da empresa, este problema pode se escrito como:

$$\min_{x_1, x_2} w_1 x_1 + w_2 x_2$$

de modo que $f(x_1, x_2)=y$. [12]

Dessa maneira, é importante que as empresas de transportes se preocupem com os diversos fatores de produção, entre eles a via de rolamento.

2.2.1 Estudos econômicos de transportes

Comparações de custos intermodais vêm sendo feitas há algum tempo para tomadas de decisão pública. Nos Estados Unidos foi feito um grande estudo, “The Full Cost Of Intercity Transportation - A Comparison Of High Speed Rail, Air And Highway Transportation In California” [14] que avalia o custo total dos três modos de transporte intermunicipal: aéreo, rodoviário e ferroviário de alta velocidade, para transporte de passageiros.

Nesse trabalho, avaliou-se o custo total com o objetivo de comparar as implicações econômicas de investimento, ou expansão de qualquer um desses três modos. O custo total

inclui custos de transporte externos, além dos custos internos de construção, operação e manutenção. Dentre os custos externos são avaliados os custos de acidentes, de congestionamento, de ruídos e da poluição do ar. [14]

A metodologia utilizada é a construção de funções de custos que se relacionam com os custos a níveis de produção, medida por passageiros-km ou veículo-km. Estes incluem os custos de curto prazo, em que a capacidade física é mantida fixa e longo prazo, em que pode ocorrer a expansão da capacidade para atender aos níveis mais elevados de demanda. Os modelos de custos da rodovia são desenvolvidos a partir de princípios básicos e são estimados com dados reais e características do sistema observado no corredor da Califórnia. Já os custos para a ferrovia são estimados com os modelos que foram adaptados a partir de estimativas para o sistema ferroviário de alta velocidade francês. [14]

A conclusão do trabalho é que o custo total do transporte aéreo (US\$ 0,1315/pkt) é quase a metade do custo do transporte ferroviário (US\$ 0,235/pkt) e do transporte rodoviário (US\$ 0,2302/pkt), que são aproximadamente iguais. Porém, os custos internos, ou privados, incluindo os custos de infraestrutura, aquisição de veículos e custos de operação dos veículos são mais elevados para o transporte ferroviário, seguido pelo aéreo e depois para o rodoviário. Já os custos externos- congestionamentos, poluição do ar, ruído e acidentes – são claramente menores para o modal ferroviário de alta velocidade em relação aos outros modos. No estudo realizado, o único custo social mensurável do transporte ferroviário de alta velocidade é o ruído, que é significativamente menor que o dos modais aéreo e rodoviário. O transporte rodoviário, por outro lado, tem um custo relativamente alto em termos de poluição do ar e acidentes, duas externalidades que são virtualmente ausentes no transporte ferroviário de alta velocidade. [14]

Portanto, o transporte ferroviário de alta velocidade é mais caro do que o transporte rodoviário em termos de custos internos, principalmente devido ao seu alto custo de capital, mas significativamente mais barato em termos de custos externos. [14]

3 Meio ambiente e transportes

A implantação e operação de um modal de transporte, apesar de ser extremamente importante na dinâmica econômica e social de um país, podem provocar grandes impactos ambientais, se não forem tomadas medidas de controle adequadas.

As grandes obras de infraestrutura de transportes são foco de discussões a respeito do crescimento econômico no Brasil. Porém, é necessário que se considere que o desenvolvimento se atinge por meio de projetos pautados por critérios de sustentabilidade, devendo o aspecto socioambiental estar presente em análises de obras desse porte.

Vários são os debates e preocupações da comunidade científica e das comunidades locais sobre os impactos que tais obras podem trazer a regiões nas quais poderão ser implantadas.

A infraestrutura de transporte abre o território para atividades econômicas e promove o crescimento ao reduzir custos de produções em áreas populosas [15]. Porém, de acordo com REID & SOUSA JÚNIOR essa premissa acabou consolidando o investimento em infraestrutura como um dos maiores responsáveis pela destruição dos ecossistemas brasileiros.[16]

Assim, pode-se fazer uma ligação entre crescimento econômico e a implantação ou expansão de obras de infraestrutura, entre elas as relacionadas a meios de transportes. Porém, tal crescimento deve ser de forma sustentável, minimizando os impactos negativos decorrentes de tais obras.

As obras de infraestrutura de transporte, principalmente as rodovias, ao serem implantadas, determinam uma série de operações que causam grandes impactos ambientais. Entre eles, pode-se citar o desmatamento ambiental, alterações na forma de escoamento das águas, assoreamento de rios e expansão urbana associada. [17]

A implantação de obras de infraestrutura gera benefícios econômicos e impactos ambientais, que, via de regra, são analisados de forma imprecisa ou parcial nos estudos de viabilidade técnica e econômica de projetos.

Porém, com o avanço das idéias de sustentabilidade, os organismos multilaterais de fomento passaram a exigir a inserção de análises ambientais nos projetos de infraestrutura, tornando-as um instrumento da política ambiental brasileira, como prevê o licenciamento ambiental.

Temas relacionados ao meio-ambiente vêm ganhando importância em instituições de pesquisas, grupos governamentais e não-governamentais, além de veículos da mídia. Tal fato deve-se, principalmente, às mudanças climáticas que vêm ocorrendo e, conseqüentemente, da necessidade de se promover ações que resultem na redução dos impactos ambientais negativos.

Antes de se realizar um empreendimento público é preciso fazer a análise da sua viabilidade econômica, para que haja a aprovação do setor público. Entretanto, atualmente, tais análises podem ser superficiais, não contemplando a inserção de todas as variáveis ambientais necessárias, fato que acaba provocando a geração de externalidades.

O conceito de externalidade está diretamente ligado à noção de espaço geográfico. O espaço é aquilo que envolve o meio-ambiente, a vizinhança e tudo o que ocorre nesse espaço tem efeito nos custos e nos benefícios das ações. Qualquer local pode, portanto, ser afetado pelas externalidades positivas e negativas. [18]

A externalidade também é elemento central da economia ambiental. Nesse contexto, as principais externalidades são negativas, as deseconomias externas (poluição, congestionamento, ruído, entre outros), que retêm a atenção.

As deseconomias externas resultam em fatores externos à empresa, em relação às quais esta não assume todos os custos, mas, indiretamente, os transfere à sociedade, que acaba arcando com os danos decorrentes das externalidades negativas. Por exemplo, quando uma rodovia é implantada em uma região, os moradores locais passam a arcar com os prejuízos decorrentes dos poluentes emitidos pelos veículos, sem receber, por isso, uma compensação financeira.

Segundo MEIRELLES FILHO, a principal conseqüência das grandes obras de infraestrutura de transporte é tornar acessível uma região que até então se encontrava preservada devido ao seu acesso complicado. A consolidação de uma via de acesso às regiões antes inalcançáveis para determinadas atividades humanas promove uma série de impactos indiretos, que não só ampliam a área afetada pela rodovia, como estabelecem novas dinâmicas sociais, culturais e políticas. [19]

Além disso, o melhoramento das ligações (rodoviárias e outras) com as grandes cidades do país acelera muitas vezes a centralização da atividade econômica. A infraestrutura de transporte abre o território para atividades econômicas e promove o desenvolvimento ao reduzir custos de produções em áreas populosas [15]. Novos postos de empregos são criados a partir da instalação de indústrias e comércios, geralmente incentivada pelos governos quando se faz um investimento público, como a abertura de estradas em uma região isolada. [19]

3.1 Valoração ambiental

Um problema que surge na análise ambiental de um projeto de grande porte é a maneira de se calcular economicamente os danos ambientais. Para isso, têm surgido várias correntes de pensamentos, tais como a da Economia Ecológica, a Economia do Meio-Ambiente e a Economia Institucionalista. Cada uma das correntes possui uma forma e uma interpretação do conceito de valor econômico do meio ambiente. [20]

Os economistas da corrente ecológica defendem a incorporação dos bens e serviços ambientais e a elaboração de um complexo sistema de valoração econômica dos recursos ambientais. Eles também consideram possível atribuir-se um valor econômico à estética ambiental, à vida humana e aos benefícios ecológicos, ainda que de uma forma indireta. [20]

Já os economistas da corrente ambiental (ou neoclássica) desenvolveram e aprimoraram os conceitos e métodos para se efetuar a avaliação do meio-ambiente, sugerindo importantes instrumentos de políticas (licença permitindo a poluição, subsídios, taxas, regulamentos para o gerenciamento ambiental). Foi essa corrente que criou os conceitos de valor de existência e valor de opção em um trabalho conjunto com ecólogos, que foram incorporados na economia de meio-ambiente. [20]

Os economistas da corrente institucionalista acreditam que não se pode mensurar os recursos ambientais (fauna, flora, água, ar, entre outros). [21]

As políticas envolvendo temas ambientais estão cada vez ganhando mais importância e sofisticação e os ambientalistas e economistas passam a desenvolver diversas metodologias que permitam valorar economicamente os custos e os benefícios ambientais. [22]

Segundo MARQUES & COMUNE, para os economistas ambientais, que se baseiam em tendências neoclássicas, o valor econômico total do meio ambiente pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$\text{Valor Econômico Total} = \text{Valor de Uso} + \text{Valor de Opção} + \text{Valor de Existência. [20]}$$

O Valor de Uso (VU) está relacionado com o benefício que se obtém por meio do uso ou usufruto efetivo do meio ambiente e seus recursos. O valor de uso possui uma parcela correspondente ao valor de uso direto (VUD), que é uma função da direta utilização dos

recursos, e o valor de uso indireto (VUI), que corresponde aos benefícios indiretos das funções ecossistêmicas. [20] Por exemplo, em uma floresta o valor de uso direto pode ser determinado por meio da exploração de madeira ou de produtos advindos da caça ou da pesca. Já o uso indireto pode ser calculado através de estimativas da proteção de uma bacia hidrográfica ou da regularização do clima por uma floresta.

O Valor de Opção (VO) está relacionado ao valor que se pode atribuir aos serviços ecossistêmicos que não são utilizados nos dias de hoje, mas que futuramente podem trazer algum benefício. Ou seja, seria o quanto uma pessoa estaria disposta a pagar para manter um determinado recurso ou bem natural. [20]

O Valor de Existência (VE) se relaciona com o valor de não-uso, isto é, o valor que os indivíduos atribuem a determinados serviços ecossistêmicos, tais como a manutenção de uma espécie em extinção ou de um santuário ecológico, sem a intenção de utilizar o serviço em um tempo futuro. [20]

Considerando-se que os valores correlacionados à existência e opção sejam considerados no cálculo do Valor Econômico Total (VET) do meio ambiente, e que esses são diretamente vinculados às preferências individuais, a sua determinação é uma tarefa bastante complicada, pois pode ainda envolver aspectos culturais e regionais que acabam fazendo com que pessoas atribuam valores extremamente elevados para a sua região. [21]

De acordo com SINISGALLI os métodos de valoração ambiental segundo a economia neoclássica podem ser agrupados em dois grandes grupos, os métodos diretos e indiretos. [23]

Os métodos diretos são aqueles em que se obtêm valores econômicos através de questionários junto à sociedade, e os métodos indiretos são aqueles cujos valores referentes aos atributos de recursos naturais são obtidos por observação destes em mercados relacionados. O método de valoração contingente é um dos principais métodos de valoração ambiental diretos. Exemplos de métodos indiretos são: método da produtividade marginal, método de gastos defensivos, método de preços hedônicos e método do custo de viagem. [23]

3.2 Previsão de desmatamento

A presença ou não de políticas de governança pode apresentar diferenças significativas em termos de conservação e redução do desmatamento. Diversos trabalhos feitos por SOARES-FILHO [24] e SOUSA JÚNIOR et al. [25] utilizam modelos de probabilidade de

impactos e estudos de mecanismos de governança integrados na simulação de cenários, a partir dos quais, se tornaria possível trabalhar aspectos ecológico-econômicos e avaliar economicamente os impactos ambientais.

Para uma boa análise sócio-ambiental de um empreendimento de infraestrutura deve ser feito um comparativo entre os modais de transporte disponíveis e quais são os impactos gerados por eles, a fim de que se escolha um cenário mais sustentável para a região, tentando, desse modo, diminuir os custos ambientais de tais obras.

Utilizando-se o modelo de BRANDÃO JÚNIOR et al. [26], que prevê a probabilidade de desmatamento em torno da rodovia em função da distância ao eixo desta, Andrés Gumiero Jaime realizou o trabalho “Análise de impactos socioambientais da infraestrutura de transporte na bacia do Purus-AM” [21]. Nesse, JAIME determina o provável incremento de desmatamento, em um trecho de um quilômetro de extensão, para cada quilômetro que se distancia do eixo das estradas, até um valor de 200 km de distância perpendicular ao eixo da mesma. A Figura 3.1 mostra o gráfico que relaciona a probabilidade de desmatamento em função da distância do eixo da estrada até o ano de 2003. Esse levantamento foi feito para 25.074 km de rodovias na Amazônia. Pode-se perceber na Figura 3.1 que o modelo proposto por BRANDÃO JÚNIOR se adapta muito bem àquilo que realmente aconteceu na Amazônia até 2003, pois a curva “Real” praticamente se sobrepõe à curva “Modelo”.

A partir da equação (i) que rege o modelo apresentado por BRANDÃO JÚNIOR et al. [26] determinou-se o provável incremento de desmatamento a cada quilômetro do eixo da rodovia, para um trecho de um quilômetro de estrada oficial, até 200 quilômetros de distância desse eixo. O procedimento de cálculo foi feito imaginando-se um quadrado de um quilômetro de lado, a cada passo de um quilômetro de distância da rodovia. Para cada quadrado, calculou-se o incremento de desmatamento provável com o auxílio da equação (i).

$$P. Oficiais = e^{\frac{((-0,0701)d + (-1,0117))}{(1 + e^{((-0,0701)d + (-1,0117))})}} \quad \text{Equação (i)}$$

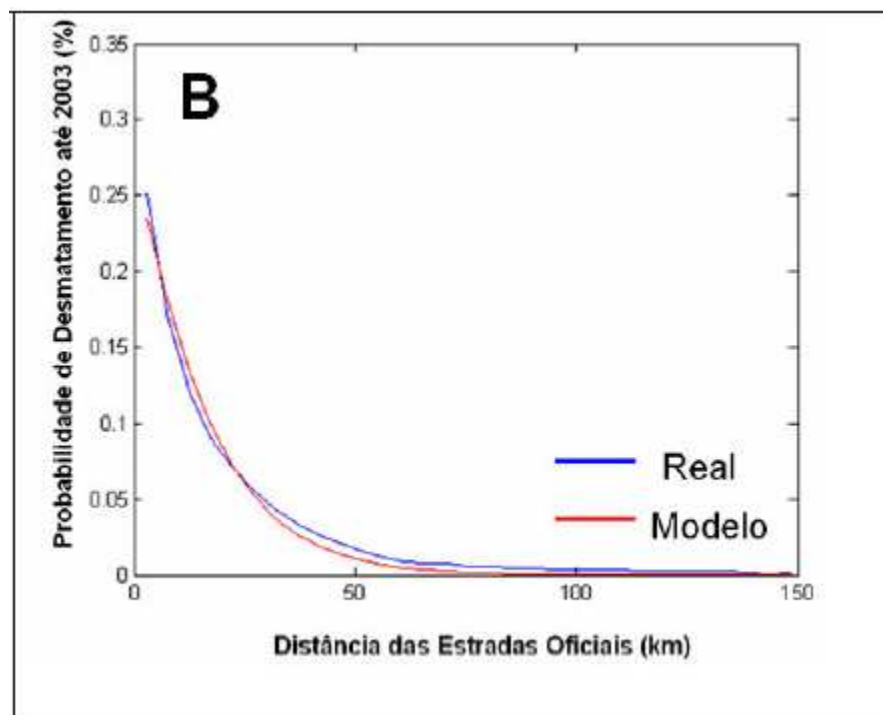


Figura 3.1 Probabilidade de desmatamento em função da distância do eixo da estrada[26]

A partir dos valores obtidos nessa análise, foi possível verificar que o desmatamento tende a se estabilizar em $4,28 \text{ km}^2$, a partir de 90 km de distância do eixo da rodovia. [21]

Dessa forma, pode-se estimar que o desmatamento em torno de um quilômetro de uma estrada oficial é $8,56 \text{ km}^2$, pois o valor encontrado por JAIME é o desmatamento referente a um dos lados do eixo da estrada [21]. Convém ressaltar que o Brasil praticamente não adota políticas de governança no que se refere ao desmatamento. Sendo assim, o valor encontrado por JAIME para o desmatamento em torno de 1 km de rodovia pode ser bem menor se for adotada uma política de governança na implantação de obras de infraestrutura.

4 Metodologia

Os custos abordados neste trabalho podem ser agrupados em custos explícitos, que são representados pelos custos de implantação da obra, de manutenção da obra, de aquisição e manutenção do material rodante, de operação do modal (combustível, lubrificante, mão-de-obra) e custos implícitos, aqui considerados os custos ambientais. A Figura 4.1 apresenta os custos analisados no estudo.

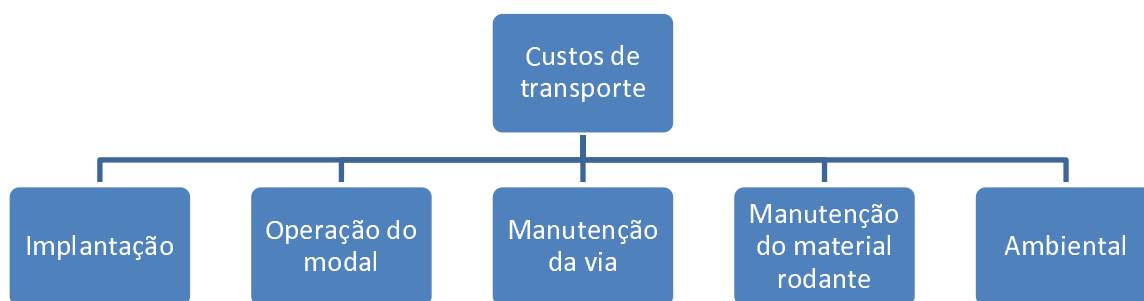


Figura 4.1 Custos de transportes analisados
Fonte: Autor

A avaliação de custos de transportes depende fundamentalmente de dois aspectos: a natureza da região onde é implantada a obra e a quantidade de carga a ser transportada. Uma grande variação em custos de implantação, operação e manutenção pode ocorrer dependendo desses fatores.

Em uma região de relevo montanhoso, os custos de terraplanagem poderão ser bastante elevados, além dos custos de operação, em especial com os combustíveis, que também poderão aumentar significativamente em comparação com uma região de relevo plano.

Uma obra de infraestrutura de transportes tenderá a ter um custo de manutenção e um custo de implantação mais elevado se a obra for num local que tem chuvas fortes e constantes. Isso porque a manutenção do sistema de drenagem se torna mais freqüente, além dos processos de deterioração da obra serem mais rápidos, necessitando de repetidas intervenções.

Também deve-se levar em conta que nesses locais os sistemas de drenagem precisam ter maiores capacidades de dreno, elevando seu custo de implantação.

Em um local que tenha muitos córregos e rios, um número grande de pontes deverá ser construído, dependendo da escolha do traçado. Tal fato eleva significativamente os custos de implantação de uma obra.

A metodologia adotada neste trabalho emprega, para fins de valoração ambiental em uma obra de grande porte, os valores de serviços ecossistêmicos sugeridos por SINISGALLI [23]. Como SINISGALLI apresenta valores calculados por diversos autores, baseado em diferentes métodos de cálculo, em estudos realizados desde a década de oitenta até a atual, proporcionando uma grande variação entre os valores, elaborou-se a Tabela 4.1 com os valores mínimos, máximos e médios para cada serviço ecossistêmico a ser considerado na análise de valoração ambiental.

Tabela 4.1 Custos ambientais ao ano

Dano ambiental	Faixa de valor (US\$/ha/ano)		
	Mínimo	Máximo	Média
Biodiversidade	20,00	30,60	25,30
Ciclo hidrológico	19,00	67,60	43,30
Novas drogas	30,00	30,00	30,00
Produtos extrativos madeireiros	29,25	1.000,78	515,02
Produtos extrativos não madeireiros	4,80	2.830,00	1.417,40
Sequestro de carbono	198,00	203,00	200,50
Uso recreativo	1,55	1,55	1,55
Valor monetário da existência	6,40	339,00	172,70
Total	309,00	4.502,53	2.405,77

Fonte: Elaborado pelo autor com base em SINISGALLI. [23]

Para estimar os custos ambientais envolvidos na implantação e operação de cada modal de transporte, foi utilizada a área desmatada ao longo do período de implantação e operação como parâmetro para tais custos. O desmatamento foi usado como proxy para o impacto ambiental, incluindo os custos de biodiversidade, ciclo hidrológico, novas drogas, produtos extrativos madeireiros e não madeireiros, seqüestro de carbono, uso recreativo e valor monetário de existência. Foi utilizado o desmatamento como proxy, pois a região do país que tem mais carência de infraestrutura de transporte é a região Amazônica, local em que

ainda há uma quantidade considerável de áreas preservadas. Deve-se ressaltar, porém, que existem outros custos que devem ser considerados em uma análise mais detalhada, como os custos decorrentes das emissões de poluentes. A partir da área desmatada estimada, chegou-se ao custo ambiental, fazendo-se uma valoração ambiental, utilizando-se valores referenciados na literatura.

Devido a uma grande variação da geografia da região que podem ocorrer em uma implantação de uma obra de transporte, para estimar os custos envolvidos em um modal de transporte, foram utilizados custos médios na avaliação dos modos rodoviário e ferroviário. Também, com auxílio de especialistas do setor de transportes da América Latina Logística, determinou-se como sendo 1.000 km a distância de transporte a ser analisada, possibilitando-se um cenário em que os dois modais seriam competitivos. Ainda, para efeito de cálculo dos custos de implantação, considerou-se uma carga anual de projeto de 20.000.000 de toneladas úteis, além de um período de projeto de 20 anos.

4.1 Transporte rodoviário

Como o objetivo do trabalho é estimar o custo de uma rodovia que se destine a competição intermodal de transporte de cargas, para um tráfego pesado (carga anual de projeto de 20.000.000 de toneladas úteis) e para um período de projeto relativamente longo (20 anos), a pista deverá ser de ótima qualidade, evitando-se maiores transtornos com restaurações e manutenções pesadas.

Considerou-se a implantação de uma pista simples padrão (3,60 m de largura para cada faixa e 2,50 m de acostamento em cada lado da rodovia), pois, para efeito de análise, somente os veículos transportadores da carga de projeto é que utilizariam a rodovia. A construção de uma pista dupla só seria necessária se outros tipos de veículos como automóveis de passeio e ônibus fossem utilizar tal rodovia. Dessa forma, porém, teriam que ser avaliados os benefícios trazidos para esses usuários para não tornar a competição com o modal ferroviário injusta.

Para a estimativa dos custos utilizou-se os valores referenciados pelo Manual de Soluções Técnico-Gerenciais para Rodovias Federais [27] para uma pista com 10,0 cm de espessura de revestimento, valor mínimo que a AASHTO (American Association of State

Highway and Transportation Officials) considera para um pavimento projetado para um tráfego pesado (de 10^7 a 5.10^7 repetições do eixo padrão de 8,2 toneladas). O custo de implantação foi baseado em um pavimento flexível do tipo Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Escolheu-se o pavimento flexível, pois este apresenta uma maior disponibilidade de equipamentos, facilidade de material e de execução, rapidez na manutenção e restauração. [28]

O Manual de Soluções Técnico-Gerenciais para Rodovias Federais [27] também fornece estimativas para os itens de projeto não relacionados diretamente a pavimentação, tais como: terraplenagem, drenagem, sinalização e obras complementares. Para isso, se faz uma correlação dos custos desses itens com os custos de pavimentação, baseado em levantamentos realizados no Arquivo Técnico da Área de Projetos do DNIT, tornando-se possível estabelecer uma média aritmética de valores de projetos para as regiões do país nos últimos cinco anos.

Segundo o Arquivo Técnico da Área de Projetos do DNIT, para as obras de construção, a pavimentação representa uma média de 45,95% do custo total da obra, e o restante de 54,05% é formado pelos demais itens do projeto que seguem a seguinte proporção; Terraplenagem 23,00%, Drenagem 12,47%, Sinalização 1,56%, Obras Complementares 3,36%, Componente Ambiental 3,51%, Obras de Artes Especiais 6,76% e Outros 3,40%. [27]

Dessa forma, neste trabalho, foram considerados, além do custo calculado para pavimentação, os acréscimos para cobrir os custos dos demais itens de projeto: terraplanagem, drenagem, sinalização, obras de artes especiais e complementares, componente ambiental e outros.

Para se estimar o custo de manutenção da rodovia, considerou-se que no período de projeto especificado (20 anos) apenas conservações rotineiras, como limpeza do sistema de drenagem e capina, seriam realizadas. Este custo foi estimado através do custo de manutenção rotineira de uma pista de simples, fornecido pelo DNIT [6].

Tendo em vista os custos de manutenção e operação de veículos, consideraram-se os custos relativos a um caminhão de carga de três eixos. O veículo representativo escolhido foi o Mercedes-Benz L 1620/60, apresentado na Figura 4.2. Esse modelo tem uma capacidade de carga útil, de acordo com o fabricante, de 25.460 kg. Os valores foram obtidos do Plano Nacional de Logística e Transportes PNLT, de 2007, do governo federal [29]. No PNLT, há a utilização do software HDM-4 – versão 2, desenvolvido pelo International Study of Highway Development and Management Tools (ISOHDM) com o patrocínio do Banco Mundial e comercializado pela The World Road Association (PIARC), para avaliar os programas de investimentos na infraestrutura rodoviária de diversos países em desenvolvimento, entre eles

o Brasil. Com o uso desse software e a importação de 160 variáveis como custo por litro de combustível e lubrificante, custo horário de mão-de-obra de manutenção, número de pneus do veículo, condições climáticas, entre outros, estima-se os custos de operação e manutenção do veículo para situações diversas da rodovia como: condição do pavimento (boa, regular, mau, péssimo), tipo da pista (simples, dupla, não pavimentada e tipo de relevo (plano, levemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso).



Figura 4.2 Caminhão Mercedes Benz L 1620. [30]

Para a estimativa dos danos ambientais, utilizou-se o modelo de previsão de desmatamento para uma rodovia, na Amazônia, sugerido por JAIME [21], conforme é mostrado no item 2.6. Por meio desse modelo, JAIME [21] calcula o incremento do desmatamento a partir do eixo de uma rodovia e conclui que esse desmatamento se estabiliza em $8,56 \text{ km}^2$ para um trecho de um quilômetro de rodovia.

De posse da estimativa de área desmatada, utilizaram-se valores sugeridos por SINISGALLI [23], como mostrado no item 2.4, para os danos ambientais.

4.2 Transporte ferroviário

Considerando-se que os tipos de custos analisados para o modal ferroviário seriam os mesmos determinados para o modal rodoviário, ou seja, custos de implantação, manutenção, operação, além dos custos ambientais, pôde-se iniciar o processo de coleta dos dados. Foram levantados dados de implantação, manutenção e operação do modo ferroviário através do setor de engenharia de uma empresa do setor de logística ferroviária.

Como essa empresa detém a concessão de uma grande parte da malha ferroviária no país, além de estar realizando obras de implantação de ferrovias que fazem parte do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) como a implantação da linha ferroviária ligando Araguaia/MT-Rondonópolis/MT e, constantemente, realizando obras de pequenos desvios ferroviários, a utilização dos valores praticados por essa empresa foi considerada satisfatória.

Os custos de implantação considerados foram aqueles estimados pela empresa do setor de logística ferroviária para a possível expansão de uma ferrovia ou para a construção de desvios. A bitola da ferrovia adotada na análise foi a larga, pois permite maiores velocidades, como explicado no item 2.2. Também foram adotados dormentes de concreto monobloco, fixação do tipo Pandrol e trilho UIC-60, materiais mais utilizados atualmente, conforme o item 2.2.

Já os custos de operação da ferrovia foram calculados pela divisão de cada gasto apresentado pela operação da empresa (combustível, lubrificante, areia, rastreamento e maquinista) em 2008, pela movimentação total da empresa em toneladas-km-útil nesse ano.

Os custos de manutenção da ferrovia foram considerados como a média por quilômetro que a empresa gastou com a ferrovia FERRONORTE nos anos de 2007 e 2008. Foram utilizados como parâmetro os custos de manutenção nessa ferrovia, por ela ser de bitola larga e de dormentes de concreto, conforme se especificou para a ferrovia em estudo. Foram levados em conta os custos de materiais, de mão-de-obra e de operação das máquinas necessárias à manutenção da via permanente.

Os custos de manutenção do material rodante considerados foram a média obtida entre os anos de 2007 e 2008 para a locomotiva de referência, a locomotiva Dash 9, bastante utilizada em transportes de grandes quantidades de carga (capacidade de transporte de 6.150 toneladas), em especial, para produtos graneleiros e para o vagão modelo HFT, com capacidade útil de carga de 100 toneladas. A Figura 4.3 mostra uma locomotiva do modelo Dash 9 e o vagão HFT é mostrado na Figura 4.4.



Figura 4.3 Locomotiva Dash 9 [31]



Figura 4.4 Vagão HFT [12]

Para se estimar os danos ambientais de uma ferrovia, levaram-se em conta as discussões no Seminário "Ferrovia e BR-319 - Um debate necessário e urgente para o Amazonas", realizado em Manaus em 19 de março de 2008. O pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) Philip M. Fearnside disse, durante esse evento, que a construção da ferrovia ligando Manaus a Porto Velho conteria em 80 % o processo de desmatamento esperado com a BR 319. Dessa forma, foi estimado que a área desmatada decorrente da construção da ferrovia é de 20 % da área de desmatamento estimada para a rodovia.

Com a área desmatada estimada, calcularam-se os danos ambientais com os valores de referência sugeridos por SINISGALLI [23], mostrados no item 2.4.

No Capítulo 5 são mostrados os resultados dos custos de transportes para ambos os modais.

5 Resultados

5.1 Rodovia

5.1.1 Custos de implantação

Através do Manual de Soluções Técnico-Gerenciais para Rodovias Federais [27] do DNIT, foi possível elaborar uma solução técnica adequada para uma carga anual de 20.000.000 de toneladas úteis ao ano.

Conforme citado no Capítulo 4, a construção de uma rodovia tem aspectos peculiares que podem alterar significativamente os custos de implantação como a necessidade de uma grande quantidade obras de artes especiais (pontes, viadutos, túneis), que depende basicamente da região da obra, ou a necessidade de um gasto excessivo com terraplanagem, em regiões com relevo irregular. Apesar disso, pode-se chegar a um valor médio que representa adequadamente os custos de implantação.

Os serviços necessários para a construção de uma estrada são diversos, começando com a sondagem do terreno, que envolve os aspectos necessários à definição do traçado (relevo, localização de cidades importantes, cursos d'água, entre outros), passando pela preparação do terreno que envolve etapas de corte, aterro, destocamento de árvores e chegando até a execução do pavimento em si. Entre estas etapas, se faz necessário a execução de diversas obras auxiliares como construção de dispositivos de drenagem (bocas de lobo, valetas de escoamentos, escadas de dispersão de energia), obras de vias de acesso, obras de sinalização, obras de caráter geotécnico como muros de arrimos e obras especiais como pontes, túneis e viadutos.

A escolha do tipo de pavimento que será empregado é o ponto fundamental na implantação de uma rodovia. Essa escolha pode figurar entre pavimentos rígidos (com revestimento de CCP - Concreto de Cimento Portland), pavimentos semi-rígidos ou pavimentos flexíveis (com revestimento de CA - Concreto Asfáltico). No Brasil, o uso de pavimento flexível é dominante, pois geralmente apresentam o menor custo global, conforme o item 3.1. Os pavimentos rígidos são de utilização rara, às vezes, utilizados em locais específicos como pontes e praças de pedágios. [11]

Tendo em vista que o pavimento escolhido é do tipo flexível, com revestimento de CBUQ de 11 cm, adotam-se os custos de implantação sugeridos pelo DNIT. A Tabela 5.1 mostra os custos de implantação de 1.000 de rodovia. Cabe dizer que, na Tabela 5.1, os percentuais mostrados nos itens “Infraestrutura complementar”, “Meio Ambiente” e “Outros” são baseados no valor total da superestrutura (subitem 1 da Tabela 5.1). Logo, o custo de obras de artes especiais, por exemplo, corresponde a 14,71 % do custo total da superestrutura. Ressalta-se que o custo total da implantação estimado é de R\$ 1.861.523.896,20, como se vê na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 Custos de implantação para uma rodovia de 1.000 km em pista simples

Descrição	Quantidade estimada	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço estimado (R\$)
1) Superestrutura				855.280.148,00
Revestimento CBUQ Faixa C - 5,0 cm espessura	864.000	t	181,41	156.738.240,00
Revestimento CBUQ Faixa B - 6,0 cm espessura	1.756.800	t	160,81	282.511.008,00
Base brita graduada - 15,0 cm espessura	1.830.000	m ³	132,19	241.907.700,00
Sub base Solo estabilizado sem mistura- 20,0 cm espessura	2.440.000	m ³	33,20	81.008.000,00
Reforço do sub leito - 20,0 cm espessura	2.440.000	m ³	17,33	42.285.200,00
Regularização do sub leito	12.200.000	m ²	0,48	5.856.000,00
Imprimação	12.200.000	m ²	2,78	33.916.000,00
Pintura de ligação	19.400.000	m ²	0,57	11.058.000,00
2) Infraestrutura complementar				877.624.726,74
OBRAS DE ARTES ESPECIAIS	14,71	%		125.827.002,18
OBRAS COMPLEMENTARES	7,31	%		62.541.231,85
Drenagem	27,14	%		232.109.869,41
Terraplanagem	50,05	%		428.109.622,80
Sinalização	3,40	%		29.037.000,50
3) Meio Ambiente	7,64	%		65.333.251,13
4) Outros	7,40	%		63.285.770,33
TOTAL				1.861.523.896,20

Pelo fato, já exposto, de que uma obra de infraestrutura como uma rodovia ter diversas peculiaridades devido à localização da obra, que acaba alterando os custos de terraplanagem,

sistemas de drenagem e construção de obras de artes especiais, ressalta-se que o valor total encontrado na Tabela 5.1 é apenas uma referência do custo de implantação de uma rodovia. Em um projeto de uma obra de infraestrutura cabe avaliar todas alternativas de implantação viáveis e escolher a que traz menores custos para a sociedade.

5.1.2 Custos de manutenção da infraestrutura

Os custos anuais de manutenção da rodovia considerados foram aqueles correspondentes à média do custo anual de uma conservação rotineira, segundo o DNIT [27]. Esse valor é de R\$ 34.000,00 por km de rodovia, o que equivale a R\$ 34.000.000,00 para a rodovia de 1.000 km em análise.

5.1.3 Custos de operação da rodovia

Os custos de operação avaliados no trabalho foram os custos relativos ao combustível, ao lubrificante, à substituição de pneus e ao custo da mão-de-obra. A Tabela 5.2 apresenta os custos de operação de um caminhão modelo L 1620 da Mercedes-Benz em 1.000 km de rodovia. Tais valores referem-se aos custos operacionais de um caminhão com carga útil máxima em diversos tipos de relevo, obtidos pelo PNLT [29] com o auxílio do software HDM-4. Convém ressaltar que a Tabela 5.2 refere-se aos custos operacionais de um caminhão de três eixos, em uma pista simples e um pavimento em boas condições. A coluna “Média” representa os custos operacionais de um caminhão do modelo citado que, em média, percorre 20 % da distância em cada um dos relevos: plano, levemente ondulado, ondulado, fortemente ondulado e montanhoso.

Tabela 5.2 Custos operacionais, em reais, para caminhão L 1620 em 1.000 km

Descrição/tipo de relevo	Levemente		Fortemente		Montanhoso	Média
	Plano	ondulado	Ondulado	ondulado		
CV_DIESEL	620,34	614,71	601,66	602,81	722,17	632,34
CV_LUBRIFICANTE	19,31	19,27	19,19	19,20	20,00	19,39
CV_PNEUS	107,52	110,52	113,66	116,55	176,10	124,87
CV_CAMINHONEIRO	132,57	135,38	140,88	166,81	202,50	155,63
TOTAL	879,74	879,88	875,39	905,37	1.120,77	932,23

Levando-se em consideração que a carga útil máxima do modelo L 1620 da Mercedes-Benz tem capacidade útil de 25.460 kg, pode-se calcular o custo operacional por 1.000 toneladas-km-úteis, como é mostrado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 Custos operacionais em 1.000 tku (em reais)

Descrição	Custo
CV_DIESEL	24,66
CV_LUBRIFICANTE	0,76
CV_PNEUS	4,87
CV_CAMINHONEIRO	6,07
TOTAL	36,36

Como pode se verificar na Tabela 5.3, os custos de combustível representam quase 68 % dos custos operacionais de uma rodovia. Também, observa-se na tabela que o custo operacional total é de R\$ 36,36 por 1.000 toneladas.km-úteis.

5.1.4 Custos de manutenção do material rodante

Com base no PNLT [29], chega-se aos custos estimados de manutenção, para cada 1.000 km de percurso, de um caminhão do modelo Mercedes-Benz L 1620 com carga útil máxima, que são mostrados na Tabela 5.4. Observa-se que os custos da manutenção não variam com o tipo de relevo predominante da rodovia que o caminhão percorre.

Tabela 5.4 Custos de manutenção em 1.000 km (em reais)

Descrição/tipo de relevo	Plano	Levemente ondulado	Ondulado	Fortemente ondulado	Montanhoso
Peças	780,90	780,90	780,90	780,90	780,90
Mão-de-obra	118,61	118,61	118,61	118,61	118,61
TOTAL	899,51	899,51	899,51	899,51	899,51

A partir da Tabela 5.4, pode-se ver calcular o custo de manutenção por 1.000 toneladas-km-úteis, sabendo-se que a carga útil máxima do caminhão do modelo Mercedes-Benz L 1620 é de 25.460 kg. A Tabela 5.5 mostra o custo de manutenção para 1.000 toneladas-km-úteis para esse modelo de caminhão.

Tabela 5.5 Custos de manutenção em 1.000 tku (em reais)

Descrição	Custos
Peças	30,46
Mão-de-obra	4,63
TOTAL	35,08

Pela Tabela 5.5, pode-se notar que o custo de manutenção para 1.000 toneladas-km-úteis do caminhão Mercedes-Benz é de R\$ 35,08, praticamente o mesmo custo que se tem com a operação do caminhão, conforme mostrado na Tabela 5.3. Cabe ressaltar que o custo de manutenção não varia com o tipo de relevo da rodovia, apesar de variar com a condição da mesma. Nessa análise, considerou-se que a condição do pavimento em que o caminhão opera é boa, visto que se trata de uma rodovia dimensionada para um tráfego pesado e que sofre manutenções constantes.

5.1.5 Custo ambiental relativo à implantação e operação da rodovia

Conforme mencionado no item 3.1, estima-se que a área desmatada em torno de 1 km de rodovia é de 8,56 km². A partir dos valores médios obtidos na Tabela 4.1 para cada dano ambiental, chega-se aos custos ambientais, em torno de 1.000 km de rodovia. A área total desmatada é estimada em 856.000 ha. A Tabela 5.6 mostra a estimativa do custo ambiental resultante da implantação e operação da rodovia de 1.000 km de extensão. Foi utilizada a cotação de 1 US\$= R\$ 1,74, conforme cotação do Banco Central do dia 28 de outubro de 2009 [32].

Tabela 5.6 Custos ambientais para a rodovia

Dano ambiental	Custo (US\$/ha/ano)	Custo (R\$/ano)
Biodiversidade	25,30	37.682.832,00
Ciclo hidrológico	43,30	64.492.752,00
Novas drogas	30,00	44.683.200,00
Produtos extrativos madeiros	515,02	767.083.941,60
Produtos extrativos não madeiro	1.417,40	2.111.132.256,00
Sequestro de carbono	200,50	298.632.720,00
Uso recreativo	1,55	2.308.632,00
Valor monetário da existência	172,70	257.226.288,00
Valor econômico total	2.405,77	3.583.242.621,60

Como se pode observar na Tabela 5.6, os custos ambientais devido à implantação e operação da rodovia são altíssimos. Isto ocorre porque a rodovia acaba atraindo uma grande quantidade de pessoas ávidas por melhores condições de trabalho e de vida, já comentado no item 2.3. Como foi considerado, na análise dos danos ambientais, que o cenário a ser implantada a rodovia é um cenário sem governança, esses valores podem estar superestimados, caso o cenário de implantação da rodovia seja com governança. Faz-se necessário, para uma melhor estimativa do Valor Econômico Total, a realização de uma maior quantidade de pesquisas e trabalhos acadêmicos, no intuito de se identificar os serviços e as inter-relações, a fim de obter um valor mais justo para a realidade.

5.2 Ferrovia

5.2.1 Custos de implantação

Ao se pesquisar os custos de implantação de uma ferrovia é preciso definir qual é o padrão desejado para essa ferrovia. Pelo nível de serviços que é exigido atualmente das empresas de transporte ferroviário, necessita-se de rapidez nas operações e de grandes capacidades de carga dos comboios, como discutido no item 2.2. Também, é importante que a

qualidade da ferrovia a ser implantada permita poucas intervenções ao longo da vida de projeto da mesma.

Considerou-se uma ferrovia com bitola larga (1,60 m), com dormentes de concreto monobloco, trilho do tipo UIC-60 e fixação elástica do tipo Pandrol, conforme explicitado no item 3.2.

A Tabela 5.7 mostra os custos de implantação estimados pela empresa do setor de logística ferroviária em suas obras de expansão.

Tabela 5.7 Custos de implantação para uma ferrovia de 1.000 km

Descrição	Quantidade estimada	Unidade	Preço unitário (R\$)	Preço estimado (R\$)
1) Superestrutura				988.296.580,00
1.1 Materiais				
Fornecimento de trilho UIC-60 (60,34 kg/m)	120.680	t	2.500,00	301.700.000,00
Fornecimento de dormente monobloco de concreto, bitola 1600	1.600.000	unid	240,00	384.000.000,00
Tala de junção para trilho UIC-60	2.000	unid	120,00	240.000,00
Parafuso para tala de junção UIC-60 com porca, e arruela de	6.000	unid	7,50	45.000,00
Palmilha para dormente de concreto	3.200.000	unid	2,00	6.400.000,00
Grampo elástico pandrol	6.400.000	unid	4,50	28.800.000,00
Fornecimento de pedra britada para lastro	2.500.000	m³	45,00	112.500.000,00
1.2 Implantação				
Solda elétrica de trilho - UIC-60 em barras de 325m	73.836	unid	360,00	26.580.960,00
Montagem de grade com trem de serviço	1.000.000	m via	9,20	9.200.000,00
1o Levante	1.000.000	m via	9,00	9.000.000,00
2o Levante	1.000.000	m via	9,00	9.000.000,00
Socaria, nivelamento, alinhamento e acabamento	1.000.000	m via	17,50	17.500.000,00
Solda aluminotérmica	6.152	unid	650,00	3.998.800,00
1.3 Carga, descarga e transporte de materiais				
Descarga do trilho na frente de serviço	120.680	t	11,50	1.387.820,00
Descarga de dormentes do trem de serviço na obra	1.600.000	unid	3,00	4.800.000,00
Carga, transporte rodoviário e descarga de dormentes na frente de	1.600.000	unid	12,00	19.200.000,00
Carga, descarga e transporte de acessórios de fixação da	2.200	t	35,00	77.000,00
Descarga de brita do vagão na frente de serviço	2.500.000	m³	1,50	3.750.000,00
1.4 Transporte				
Transporte de trilho do estaleiro de soldagem até a frente de serviço	120.680	t	25,00	3.017.000,00
Transporte de dormentes da fábrica até a frente de serviço	640.000	t	15,00	9.600.000,00
Transporte de brita para lastro do patio de carregamento até a frente	3.750.000	t	10,00	37.500.000,00
2) Infraestrutura				850.000.000,00
Terraplanagem	36.000.000	m³	11,11	400.000.000,00
Drenagem				120.000.000,00
Obras de artes especiais	2.800	m	50.000,00	140.000.000,00
Interferências (pn's, pontes, viadutos, etc)				100.000.000,00
Obras complementares				90.000.000,00
3) Meio Ambiente				40.000.000,00
4) Desapropriação	4.000	ha	8.000,00	32.000.000,00
5) Projeto				35.000.000,00
6) Administração da obra - supervisão / fiscalização	36	mês	1.000.000,00	36.000.000,00
TOTAL				1.981.296.580,00

Como se observa na Tabela 5.7, o custo da superestrutura é estimado em R\$ 988.296.580,00, que representa 50 % do custo de implantação da ferrovia. Convém citar que os custos com desapropriação podem variar bastante de projeto para projeto, visto que a área a ser desapropriada pode ter um valor de mercado bem variável, dependendo de sua localização. Foi estimado que 4.000 hectares de área deveriam ser desapropriados e o custo por hectare estimado em R\$ 8.000,00.

Deve-se ressaltar que o custo de infraestrutura, estimado em R\$850.000.000,00, também pode sofrer bastante variação por causa do relevo e cursos d'água da região em que a ferrovia é implantada. O valor encontrado, baseado em médias de projetos de ferrovias da empresa do setor de logística ferroviária, serve apenas de referência para o trabalho.

O tempo estimado para 1.000 km de ferrovia foi de 36 meses e o custo estimado da administração foi de R\$ 1.000.000,00 ao mês, como se observa na Tabela 5.7.

O custo total de implantação de uma ferrovia de 1.000 km é, então, estimado em R\$ 1.981.296.580,00, conforme se pode observar na Tabela 5.7.

5.2.2 Custos de manutenção da infraestrutura

Os custos de manutenção da ferrovia foram estimados como a média da manutenção em 2007 e 2008 pela empresa do setor de logística na ferrovia FERRONORTE, como citado no item 3.2. Considerou-se os gastos relativos a materiais (dormentes, pedras, metálicos), os custos com mão-de-obra fixa e temporária e os custos com as máquinas necessárias à manutenção da via. A Tabela 5.8 apresenta os custos de manutenção anuais estimados por km para a ferrovia de 1.000 km de extensão, baseados nos custos de manutenção da FERRONORTE. A Tabela 5.8 mostra os custos dos principais materiais da via permanente: os dormentes, as pedras, os materiais metálicos de fixação (grampos Pandrol, parafusos, placas de apoio, entre outros), os trilhos e os aparelhos de mudanças de via (AMV), cuja função é desviar os veículos com segurança e velocidade comercialmente compatível. Convém ressaltar que nos custos dos trilhos está embutido o custo de operação do aparelho de ultra-som, necessário para a detecção de defeitos em trilhos. Os custos com materiais equivalem a 40 % do custo de manutenção da ferrovia.

Já o custo de manutenção da infraestrutura, que inclui a manutenção de pontes, túneis, passagens de níveis, aterros, sistemas de drenagem representa 26 % do custo de manutenção

total. O item “Mecanização” indicado na Tabela 5.8 representa os gastos de operação e manutenção das máquinas necessárias à limpeza do lastro, nivelamento da linha, transporte de materiais e detecção de defeitos (caso do aparelho de ultrassom e do carro controle). O item “Capina química” representa os custos necessários à capina em torno da faixa de domínio da ferrovia.

Tabela 5.8 Custos de manutenção da ferrovia

Descrição	Custo por km (R\$)	Estimativa de custo - 1000 km (R\$)
Dormentes	811,84	811.835,27
Pedras	252,20	252.204,40
Metálicos	179,14	179.144,74
Amv	299,88	299.880,05
Infra-estrutura	1.448,80	1.448.800,00
Mecanização	1.304,67	1.304.670,00
Trilhos	660,39	660.390,00
Capina química	524,04	524.040,25
Turma Fixa	2.423,58	2.423.582,57
Turma Produção	1.158,74	1.158.736,51
Total	5.480,96	5.480.964,71

A mão-de-obra necessária à manutenção da ferrovia foi dividida em turmas fixas e turmas de produção. Os funcionários da turma fixa são aqueles pertencentes à empresa e os funcionários da turma de produção são funcionários temporários, contratados para serviços específicos. O custo da mão-de-obra, somando-se as turmas fixas e de produção representa 65 % do custo total de manutenção.

5.2.3 Custos de operação da ferrovia

Os custos de operação avaliados no trabalho foram os custos relativos ao combustível, ao lubrificante, à areia, ao rastreamento e ao custo da mão-de-obra. A areia é o material

utilizado para a lubrificação do trilho, permitindo uma aderência adequada entre o rodeiro e o trilho, evitando-se o efeito da patinação e permitindo o desenvolvimento de maiores velocidades. Já o item “Rastreamento” indica o custo necessário com a comunicação via rádio, ao rastreamento por satélite das locomotivas via GPS e todo equipamento necessário para a localização e comunicação das locomotivas durante o trajeto entre a origem e o destino da carga. A Tabela 5.9 mostra os custos de operação da ferrovia por 1.000 toneladas-km-úteis. Esses valores foram calculados pela média de gasto de uma empresa do setor de logística ferroviária em 2008 em toda a sua malha ferroviária.

Como se pode observar na Tabela 5.9, os custos relativos ao combustível, no caso o diesel, é de R\$ 12,48 por 1.000 toneladas-km-úteis, o que representa 93 % do custo de operação da ferrovia.

Tabela 5.9 Custos de operação da ferrovia

Descrição	Custo por 1000 tku (R\$)
CV_diesel	12,48
CV_lubrificante	0,48
CV_areia	0,10
CV_rastreamento	0,31
CV_maquinista	0,03
TOTAL	13,40

5.2.4 Custos de manutenção do material rodante

Conforme explicado no item 4.2 do Capítulo 4, os custos de manutenção do material rodante (locomotiva e vagão) foram estimados como o custo médio de manutenção dos anos de 2007 e 2008 de uma empresa do setor de logística ferroviária. A manutenção do vagão é dividida em manutenção preventiva e manutenção corretiva. O custo da primeira é de R\$ 9.584,52 e da última é de R\$ 29.900,00 por vagão (modelo HFT), ao ano, como é mostrado na Tabela 5.10. Já o custo de manutenção anual da locomotiva (modelo Dash 9) é de R\$ 98.083,36.

Tabela 5.10 Custos de manutenção anual do material rodante

Descrição	Custo ao ano (R\$)
Manutenção corretiva por vagão	29.900,00
Manutenção preventiva por vagão	9.584,52
Manutenção por locomotiva	98.083,36

5.2.5 Custo ambiental relativo à implantação e operação da ferrovia

Conforme mencionado no item 3.2, estima-se a área de desmatamento da ferrovia a partir da área estimada para a rodovia. Como mostrado no item 4.1.5, a área desmatada estimada para um trecho de 1.000 km de rodovia é de 856.000 ha. Considerando que o desmatamento da ferrovia é de 20 % do desmatamento da rodovia, estima-se a área desmatada para 1.000 km de ferrovia em 171.200 ha. A partir dos valores médios obtidos na Tabela 4.1 para cada tipo de dano ambiental, chega-se aos custos ambientais, em torno de 1.000 km de ferrovia. A Tabela 5.11 mostra a estimativa do custo ambiental resultante da implantação e operação da rodovia de 1.000 km de extensão. Foi utilizada a cotação de 1 US\$= R\$ 1,74, conforme cotação do Banco Central do dia 28 de outubro de 2009 [32].

Tabela 5.11 Custos ambientais para a ferrovia

Dano ambiental	Custo (US\$/ha/ano)	Custo (R\$/ano)
Biodiversidade	25,30	7.536.566,40
Ciclo hidrológico	43,30	12.898.550,40
Novas drogas	30,00	8.936.640,00
Produtos extrativos madeiros	515,02	153.416.788,32
Produtos extrativos não madeiros	1.417,40	422.226.451,20
Sequestro de carbono	200,50	59.726.544,00
Uso recreativo	1,55	461.726,40
Valor monetário da existência	172,70	51.445.257,60
Valor econômico total	2.405,77	716.648.524,32

Como se pode observar na Tabela 5.11, os custos ambientais devido à implantação e operação da ferrovia são cerca de R\$ 716.648.524,32. Como foi considerado na análise dos danos ambientais que o cenário a ser implantada a ferrovia é um cenário sem governança, esses valores podem estar superestimados, caso o cenário de implantação da rodovia seja com governança. Assim como na estimativa de custos ambientais na operação e implantação da rodovia, faz-se necessário, para uma melhor estimativa do Valor Econômico Total, a realização de uma maior quantidade de pesquisas e trabalhos acadêmicos, no intuito de se identificar os serviços e as inter-relações eles, a fim de obter um valor mais justo para a realidade.

6 Comparações e análises de cenário

Pelos resultados obtidos no Capítulo 5, podem-se fazer algumas comparações entre os modais rodoviário e ferroviário.

No setor de transportes, muitas vezes os especialistas justificam a priorização do investimento no modal rodoviário, ao invés do modal ferroviário, pelo fato dos custos de implantação serem mais elevados para o modo ferroviário.

Porém, comparando-se o custo de implantação de 1.000 km de uma rodovia (R\$ 1.861.523.896,20, conforme a seção 5.1.1 e o de uma ferrovia (R\$ 1.981.296.580,00, como mostrado na seção 5.2.1), verifica-se que tais custos são praticamente o mesmo. Dependendo das condições geográficas do local de construção da obra, os custos de implantação de uma ferrovia podem ser um pouco maiores e os custos da rodovia podem ser um pouco menores. Contudo, a priori, os custos de implantação são equivalentes e não deveriam ser decisivos na escolha de um ou outro modal de transporte.

Quando se observa os custos de manutenção da via do transporte rodoviário e do ferroviário, conclui-se que no modal ferroviário há um custo com manutenção da via bem menor do que no modal rodoviário. Como pode ser visto na seção 5.1.2, o custo de manutenção para uma rodovia é algo em torno de R\$ 34.000.000,00 ao ano. Já o custo de manutenção para uma ferrovia é de R\$ 5.480.964,71, conforme a seção 5.2.2.

Comparando-se os custos de operação de ambos os modais, rodoviário e ferroviário, conclui-se que o custo de operação do modal rodoviário é cerca de 2,7 vezes maior do que o do modal ferroviário. De acordo com a seção 5.1.3, o custo de operação, por 1.000 toneladas-km-úteis, é de R\$ 36,36 para o transporte rodoviário. Já pela seção 5.2.3, o custo de operação do modo ferroviário é de R\$ 13,40 para cada 1.000 toneladas-km-úteis transportadas. Dessa forma, quando se transporta grandes quantidades de cargas, o custo de operação do modal rodoviário o torna bem menos atraente do que o modal ferroviário.

Tendo em vista os custos de manutenção do material rodante, percebe-se, pela seção 5.1.4, que o custo de manutenção de um caminhão de 25,64 toneladas úteis é de R\$ 35,08 para cada 1.000 toneladas-km-úteis transportadas. Já o custo de manutenção anual de um vagão, modelo HFT, é R\$ 39.484,52, se forem somadas a manutenção preventiva e a manutenção corretiva, mostradas na seção 5.2.4. Ainda, nessa mesma seção, observa-se que o custo anual da manutenção de uma locomotiva, modelo Dash 9, é R\$ 98.083,36.

6.1 Cenário comparativo dos modais rodoviário e ferroviário entre 1999 e 2008

Com a intenção de se comparar os custos dos modais rodoviário e ferroviário em um período de longo prazo, será feito um comparativo entre tais modais, entre os anos de 1999 e 2008, com uma parcela da carga anual do transporte ferroviário, com o objetivo de se trabalhar com as taxas de crescimento reais do transporte de cargas no Brasil. Será considerada a implantação de uma rodovia e uma ferrovia em 1999 e, então, se calculará o custo global de cada modal durante o período citado.

Essa parcela referida será de 4% da carga anual transportada por ferrovias no Brasil, para cada um dos anos do período de análise citado. Tal percentual foi escolhido para que a carga anual transportada, no comparativo, não fosse superior à carga de 20.000.000 de toneladas úteis utilizada no cálculo de implantação da rodovia e da ferrovia.

A Figura 6.1 indica a carga anual, em milhões de toneladas úteis, do modal ferroviário, entre os anos de 1999 e 2008.

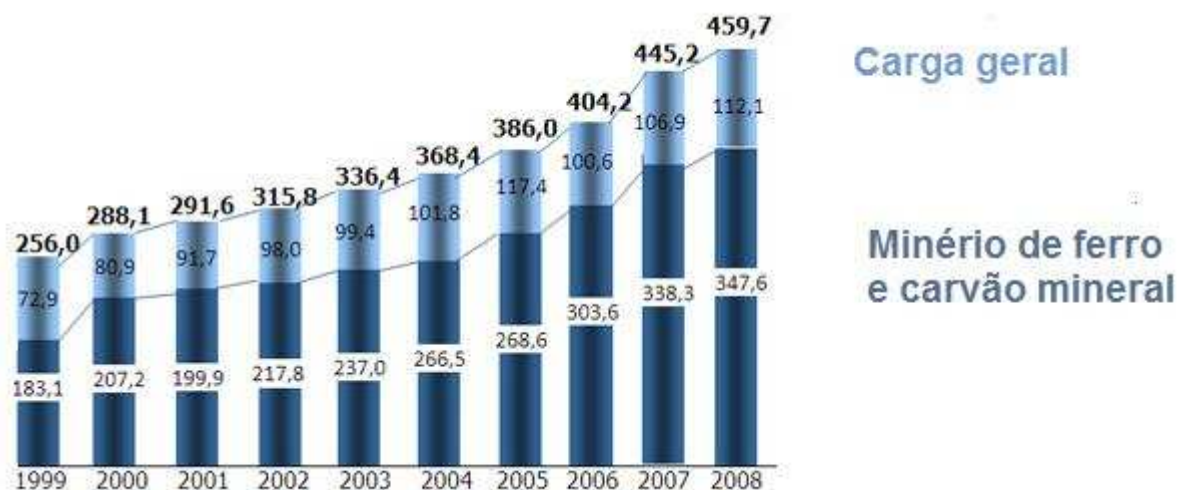


Figura 6.1 Evolução da carga ferroviária em milhões de toneladas úteis

Fonte: Adaptado de [33]

A partir dos valores mostrados na Figura 6.1, a carga anual a ser adotada no comparativo, de 4% da carga ferroviária anual, entre os anos de 1999 e 2008, pode ser calculada. A carga anual utilizada para o comparativo é apresentada na Tabela 6.1.

A partir dos custos de implantação, manutenção e operação atuais encontrados no Capítulo 5, calcula-se o custo de cada um dos anos do período citado, corrigindo os valores de acordo com o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). [34]

Nesse cenário hipotético, também será levado em conta o custo de aquisição do material rodante. A Tabela 6.1 apresenta algumas informações a respeito dos modelos de caminhão, locomotiva e vagão utilizados na análise.

Tabela 6.1 Carga anual utilizada para o comparativo

Ano	Toneladas úteis (milhões)
1999	10,24
2000	11,52
2001	11,66
2002	12,63
2003	13,46
2004	14,74
2005	15,44
2006	16,17
2007	17,81
2008	18,39

Tabela 6.2 Informações a respeito do material rodante

Material rodante	Modelo	Capacidade de carga útil (t)	Preço (R\$)
Caminhão	Mercedes-Benz L 1620/60	25,46	175.743,08
Locomotiva	Dash 9	6.150,00	2.170.000,00
Vagão	HFT (Maxion)	100,00	250.000,00

Para o cálculo de aquisição do material rodante, considerou-se que a quantidade de caminhões, locomotivas e vagões seria aquela suficiente para transportar em um dia, a média diária de cargas em cada um dos anos do período em análise. Exemplificando, se a carga anual fosse de 10,24 milhões de toneladas úteis, então a carga diária média seria de 28.055 toneladas. Sendo assim, como a capacidade de carga útil de um caminhão é de 25,46 toneladas, seriam necessários 1.102 caminhões para realizar esse transporte.

A Tabela 6.3 apresenta, ano a ano, a quantidade de equipamentos em operação e a quantidade de equipamentos a ser adquirido em cada ano para se transportar a carga anual considerada.

Tabela 6.3 Quantidade de material rodante entre 1999 e 2008

Ano	Informações						Carga (milhões de tu)
	Número de caminhões em operação	Número de caminhões a ser adquirido	Número de locomotivas em operação	Número de locomotivas a ser adquirida	Número de vagões em operação	Número de vagões a ser adquirido	
1999	1.102	1.102	6	6	281	281	10,24
2000	1.241	139	7	1	316	35	11,52
2001	1.256	15	7	-	320	4	11,66
2002	1.360	104	8	1	347	27	12,63
2003	1.448	88	8	-	369	22	13,46
2004	1.586	138	9	1	404	35	14,74
2005	1.662	76	10	1	424	20	15,44
2006	1.740	78	10	-	443	19	16,17
2007	1.917	177	11	1	488	45	17,81
2008	1.979	62	11	-	504	16	18,39
TOTAL	1.979	1.979	11	11	504	504	142,06

Fonte: Autor

De acordo com a Tabela 6.3, são necessários 1.979 caminhões para transportar a carga anual de 2008, por meio do modal rodoviário. Já para o modal ferroviário, há a necessidade de 11 locomotivas e 504 vagões para se transportar a carga em 2008.

Após a realização das correções monetárias, chega-se aos custos totais de transportes para os modais rodoviário e ferroviário, mostrados na Tabela 6.4 e Tabela 6.5, respectivamente.

Como se pode observar na Tabela 6.4, o custo ambiental decorrente da implantação e operação da rodovia é bastante significativo. No período de análise de dez anos, este custo foi de R\$ 26.129.890.153,72, cerca de 74 % do custo global do modo rodoviário. Porém, esse valor precisa ser avaliado, com a realização de uma maior quantidade de pesquisas e trabalhos acadêmicos, a fim de obter um valor mais justo para a realidade, conforme comentado na seção 5.1.5.

Também é possível perceber pela Tabela 6.4 que a operação da rodovia e a manutenção do caminhão são os custos internos mais significativos, visto que, no período de 1999 a 2008, o custo de operação da rodovia foi de R\$ 3.770.519.766,06 e o de manutenção do caminhão de R\$ 3.908.098.594,47.

Tabela 6.4 Custos de transporte para o modal rodoviário entre 1999 e 2008

	Custo (R\$)				
Ano	Implantação da rodovia	Manutenção da rodovia	Manutenção do caminhão	Operação da rodovia	Ampliação
1999	938.506.782,80	17.141.456,35	187.712.256,89	181.104.124,64	1.806.812,48
2000	-	18.673.902,55	230.135.329,61	222.033.755,85	1.968.912,48
2001	-	19.788.734,53	246.837.131,56	238.147.595,57	2.085.912,48
2002	-	21.306.530,47	287.825.859,36	277.693.375,86	2.245.912,48
2003	-	23.976.238,74	345.018.188,28	332.872.333,47	2.526.912,48
2004	-	26.206.028,94	412.976.925,43	398.438.683,83	2.761.912,48
2005	-	28.197.687,14	465.592.248,38	449.201.762,19	2.971.912,48
2006	-	29.802.135,54	515.286.356,48	497.146.462,75	3.140.912,48
2007	-	30.737.922,60	585.375.601,59	564.768.319,69	3.239.912,48
2008	-	32.105.760,15	631.338.696,88	609.113.352,22	3.383.912,48
TOTAL	938.506.782,80	247.936.397,01	3.908.098.594,47	3.770.519.766,06	26.129.912,48

Tabela 6.5 Custos de transporte para o modal ferroviário entre 1999

	Custo (R\$)					
Ano	Implantação da ferrovia	Manutenção da ferrovia	Manutenção das locomotivas	Manutenção dos vagões	Operação da ferrovia	Ambiental
1999	998.891.436,67	2.763.285,80	296.698,52	5.593.736,22	69.178.884,55	361.305.864,
2000	-	3.010.323,56	377.093,93	6.852.832,50	84.813.350,30	393.606.609,
2001	-	3.190.039,87	399.606,44	7.353.869,97	90.968.579,84	417.104.923,
2002	-	3.434.715,93	491.721,43	8.585.985,61	106.074.436,62	449.096.871,
2003	-	3.865.085,84	553.334,13	10.274.373,90	127.151.917,57	505.368.709,
2004	-	4.224.538,82	680.393,48	12.295.056,45	152.197.216,74	552.367.999,
2005	-	4.545.603,77	813.448,21	13.884.405,53	171.587.902,32	594.347.967,
2006	-	4.804.248,62	859.733,41	15.332.008,72	189.902.012,57	628.166.366,
2007	-	4.955.102,03	975.401,94	17.419.764,54	215.732.482,44	647.890.790,
2008	-	5.175.604,07	1.018.807,33	18.791.499,60	232.671.576,96	676.721.930,
TOTAL	998.891.436,67	39.968.548,30	6.466.238,83	116.383.533,04	1.440.278.359,90	5.225.978.030,

Em termos de custos de transportes do modal ferroviário, verifica-se pela Tabela 6.5 que o custo ambiental, de R\$ 5.225.978.030,74, representou mais de 65 % do custo global do transportes de cargas no cenário analisado.

Ainda pela Tabela 6.5, observa-se que, entre os custos internos, o custo mais significativo é o de operação da ferrovia, estimado em R\$ 1.440.278.359,90 e o de implantação da via, de R\$ 998.891.436,67.

Fazendo-se um comparativo entre o modal rodoviário e o ferroviário, observa-se pela Figura 6.2, que os principais fatores que permitem que o custo de transporte ferroviário seja menor que o custo do modal rodoviário é o gasto com manutenção do material rodante e o gasto com a operação. A Figura 6.2 apresenta a comparação entre os diversos custos internos de transportes para os modais rodoviário e ferroviário.

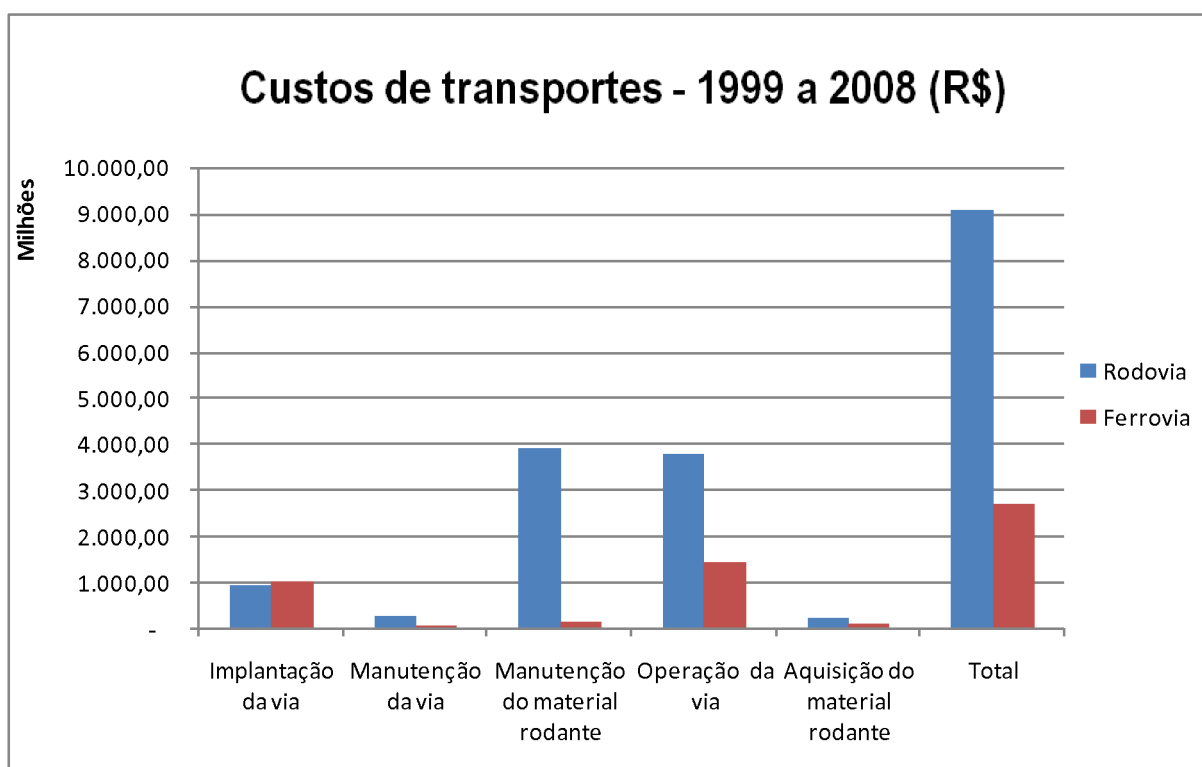


Figura 6.2 Comparativo de custos de transportes dos modais rodoviário e ferroviário

Na Figura 6.2, no custo de aquisição do material rodante do modal ferroviário estão incluídos os gastos com aquisição tanto de locomotivas quanto de vagões.

Também, é possível verificar pela Figura 6.1 que a diferença entre os custos de implantação da rodovia e da ferrovia não é muito significativa. Dessa forma, não se justifica

priorizar os investimentos em uma rodovia em detrimento de uma ferrovia pelo fato dos custos de implantação serem menores.

Pela Figura 6.2, observa-se que os custos internos totais (implantação, manutenção e operação), durante o período de 1999 a 2008, para o modal ferroviário são cerca de três vezes menor quando comparados ao modal rodoviário.

Comparando-se os custos ambientais entre o modo rodoviário e ferroviário, conclui-se que os custos para o modal ferroviário são bem menores do que para o modal rodoviário. Porém, esses custos ambientais podem estar superestimados, pois os valores de danos ambientais da Tabela 4.1 podem não representar um valor justo para a realidade.

Mesmo assim, é possível concluir que uma ferrovia é melhor do que uma rodovia do ponto de vista ambiental. Segundo o pesquisador Philip M. Fearnside do INPA, as estradas permitem abertura de áreas que estão inacessíveis hoje e promove uma migração dos focos de desmatamento. De acordo com o pesquisador, a pavimentação das rodovias traz, além do desmatamento, a grilagem, os problemas sociais e o conflito de terra numa região que ainda não apresenta esse tipo de problema.

No Seminário "Ferrovia e BR-319 - Um debate necessário e urgente para o Amazonas", realizado em Manaus em 19 de março de 2008 foram apresentados as vantagens da ferrovia em comparação à rodovia. A ferrovia se destaca sobre a rodovia, visto que ela permite um controle do acesso e do tráfego de pessoas em torno de seu eixo, impedindo a grilagem e invasão de terras, além de impedir a exploração ilegal dos recursos naturais. Já a rodovia tem o potencial de gerar uma grande migração populacional para a região onde é implantada.

Apesar dos custos envolvidos nos transportes de cargas serem menores para o modal ferroviário em relação ao modal rodoviário, é necessário destacar algumas vantagens do modo rodoviário.

O modal ferroviário apresenta custos fixos elevados para as empresas ferroviárias, em decorrência de substanciais investimentos em trilhos, terminais, locomotivas e vagões. Já o modal rodoviário, por sua vez, apresenta menores custos fixos para as transportadoras rodoviárias, uma vez que os custos da construção e da manutenção de rodovias são arcados pelo poder público. [35]

O custo do frete cobrado pelas empresas ferroviárias geralmente é mais baixo em relação àquele cobrado pelas empresas rodoviárias, pois no modal ferroviário os custos variáveis são menores do que no modal rodoviário.

Em termos de capacitação, por sua vez, que representa a possibilidade de um determinado modal operar com diferentes volumes e variedade de produtos, o modal ferroviário é melhor que o rodoviário, visto que pode transportar diversos tipos de produtos, assim como o volume que pode atingir milhares de toneladas. [35]

Em termos de velocidade, o modal rodoviário é mais veloz do que o modal ferroviário, apesar de que, na prática, o tempo de entrega depende fundamentalmente do estado de conservação das vias e do nível de congestionamento destas. [35]

Em relação à disponibilidade, que representa a quantidade de localidades em que o modal se encontra presente, o modal rodoviário é melhor do que o ferroviário, pois a malha rodoviária é bem maior em comparação à malha ferroviária, conforme o Capítulo 1. [35]

Já em relação à frequência, que representa a possibilidade, medida em número de vezes que um modal pode ser utilizado num dado horizonte de tempo, o modal rodoviário também é melhor em relação ao ferroviário. [35]

Porém, deve-se ressaltar que cada contratante de serviços logísticos tem preferência por algumas características operacionais. Empresas que trabalham com produtos de alto valor agregado, geralmente estão interessadas na rapidez de entrega do produto e na frequência em que o modal pode ser utilizado. Já empresas que trabalham com produtos de baixo valor agregado necessitam de um transporte barato e com grande capacidade de carga. [35]

A priorização de modais de transportes característicos de produtos de alto valor agregado, como o modal aéreo e o rodoviário, em decorrência dos modais destinados basicamente aos produtos de baixo valor agregado como o modal hidroviário e o ferroviário, visto que os custos totais do transporte de cargas por ferrovias são menores do que os custos totais do transporte por rodovias, conforme mostrado na Figura 6.2.

A priorização de modais de transportes com características operacionais destinadas a produtos de alto valor agregado, como rapidez e frequência de entrega, somente se justificaria caso o país tivesse uma receita de exportação basicamente apoiada em produtos manufaturados. Mesmo assim, caso os produtos básicos continuassem a representar uma grande fatia em peso das exportações, não poderia ser deixado de lado os investimentos em modais de transporte como o ferroviário e o hidroviário.

7 Conclusões

O Brasil vem passando por dificuldades para escoar sua produção durante os últimos anos. O crescimento do país não está sendo acompanhado por grandes investimentos em obras de infraestrutura de transportes. Nesse momento, se faz necessário ter uma atenção com os meios de transportes, evitando-se maiores transtornos futuramente.

Apesar de ser compreensível o fato do governo brasileiro ter priorizado o investimento no setor rodoviário, ao longo dos anos, por causa da necessidade estratégica de se ocupar áreas desabitadas, promovendo a implantação de rodovias e de grandes indústrias, hoje este modelo parece não atender mais às necessidades atuais da economia do país. O momento atual se torna oportuno para mudanças, em vista da mudança do perfil econômico do país, principalmente, devido às ambições de se construir grandes obras de infraestrutura de transportes com o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC).

Esse trabalho teve como objetivo auxiliar o tomador de decisão a escolher o modal de transporte mais adequado dentre o modal rodoviário e o ferroviário. Para isso foram coletados dados de implantação, manutenção e operação de cada um dos modais, além de fazer uma estimativa para os custos ambientais. Então, foi feita uma análise de um cenário de transporte de cargas em um período de dez anos.

Os resultados obtidos permitem dizer que a soma dos custos internos (implantação, operação e manutenção) foram menores para o modal ferroviário em comparação com o modal rodoviário, apesar do custo de implantação deste último ser um pouco menor quando comparado ao primeiro.

O modal ferroviário apresenta custos fixos elevados, em decorrência de grandes investimentos em trilhos, locomotivas e vagões, diferentemente do modal rodoviário, no qual os custos variáveis é que são elevados. É preciso que o tomador de decisão, especialmente o decisor público, tenha em mente os custos globais dos meios de transportes, independente dos responsáveis por arcar com esses gastos.

Pode-se concluir, também, que os danos ambientais provocados pela implantação e operação de uma ferrovia foram bastante inferiores aos ocorridos durante o período de implantação e operação de uma rodovia. Além da área desmatada estimada ser maior para o transporte rodoviário, as emissões de gases poluentes também foi consideravelmente maior para esse modal.

Ao final do estudo, verifica-se que a priorização de investimentos no modal ferroviário se mostra mais benéfica em relação ao modal rodoviário, principalmente por causa da grande concentração de produtos básicos na pauta de exportação brasileira.

Contudo, é preciso dizer que os valores de serviços ecossistêmicos necessitam ser melhor avaliados pelos pesquisadores e professores de diversas áreas, buscando melhorar as técnicas e metodologias utilizadas nos processos de avaliação econômica do meio ambiente.

Além de disso, se faz necessário uma análise de benefícios sociais decorrentes da construção de uma rodovia e de uma ferrovia para avaliar o melhor modal de transporte. A rodovia, ao contrário da ferrovia, permite uma maior migração populacional, atraindo indústrias e trazendo empregos e melhoria de vida para os imigrantes para a região onde é implantada.

Ao tomador de decisão, portanto, é importante desenvolver o planejamento de implantação um modal de transporte, baseado não somente em seu custo inicial ou em seus custos diretos, mas também nas externalidades positivas e negativas que ocorrem durante a implantação e operação de um meio de transporte.

Referências

- [1] BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **ANTT**. Consulta a página institucional. Disponível em: < <http://www.antt.gov.br>>. Acesso em: 20 ago. 2009.
- [2] BRASIL. Associação Nacional dos Transportes de Cargas e Logística. **NTC**. Consulta a página institucional. Disponível em: < <http://www.ntcelogistica.org.br>>. Acesso em: 25 ago. 2009.
- [3] BRASIL. Confederação Nacional da Indústria. **CNI**. Consulta a página institucional. Disponível em:
<<http://www.cni.org.br/portal/data/pages/FF808081239C151201239F3211D766CE.htm>>. Acesso em: 17 ago. 2009.
- [4] BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **MDIC**. Consulta a página institucional. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio>>. Acesso em: 06 nov. 2009.
- [5] MARTINS, P. J. M. **Externalidades e custos externos**: alguns conceitos quanto à sua avaliação e internalização no sector dos transportes. Lisboa: DEC, ISEL, 2005. Disponível em:
<http://www.deetc.isel.ipl.pt/jetc05/CCTE02/papers/no_paper/18.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2009.
- [6] BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **DNIT**. Consulta a página institucional. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br>>. Acesso em: 16 ago. 2009.
- [7] BRASIL. Confederação Nacional do Transporte. **CNT**. Consulta a página institucional. Disponível em: <<http://www.cnt.org.br>>. Acesso em: 28 ago. 2009.
- [8] STEFANO, F. De volta aos trilhos. **Revista Exame**, São Paulo, n. 938, p.52-54, 11 de Março de 2009.
- [9] GELOG. **A realidade para a logística brasileira contemporânea de transporte de carga**: Aéreo, Dutoviário, Ferroviário e Rodoviário. Florianópolis: UFSC, 2004. Apresentação.
- [10] SETTI, J. B. **Ferrovias no Brasil**: um século e meio de evolução. Rio de Janeiro: Editora Memória do Trem, 2008.
- [11] RODRIGUES, R. M. **Engenharia de pavimentos**: Parte 1: projeto de pavimentos. São José dos Campos: ITA, 2007. Apostila.

- [12] SCHECHTEL, R. **Via permanente**. Curitiba: América Latina Logística, 2003. Apostila.
- [13] VARIAN, H. R. **Microeconomia**: princípios básicos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
- [14] LEVINSON, D. **The full cost of intercity transportation**: a comparison of high speed rail, air and highway transportation. In California. Berkeley, 1996. Disponível em:
<<http://repositories.cdlib.org/its/reports/UCB-ITS-RR-96-3>>. Acesso em: 28 mai. 2009.
- [15] PERZ, S.G. et al. O dilema das estradas não-oficiais na Amazônia. **Ciência Hoje**, v. 37, n. 222, p. 56-58, 2005.
- [16] REID, J.; SOUSA JÚNIOR, W.C. Infrastructure and conservation policy in Brazil. **Conservation Biology**, v.19, n. 3, p. 740-746, 2005.
- [17] SPEGLICH, E. **Rodovias são obras de grande impacto**. Disponível em:
<<http://www.nilson.com.br/acervo.php>>. Acesso em: 20 abr. 2009.
- [18] POLÈSE, M. **Economia urbana e regional**: lógica espacial das transformações econômicas. Coimbra: Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Regional, 1998.
- [19] MEIRELLES FILHO, J. **O livro de ouro da Amazônia**. 5.ed. Rio de Janeiro: Ediouro, 2006.
- [20] MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E. A teoria neoclássica e a valoração ambiental. In: ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P.; LEONARDI, M. L. A. (Org.). **Economia do meio ambiente**: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas: Unicamp, 1996.
- [21] JAIME, A. L. G. **Análise de impactos socioambientais da infra-estrutura de transporte na bacia do Purus-AM**. 2008. 173f. Tese (Mestrado em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.
- [22] BARDE, J. P.; PEARCE, D. W. **Valuing the environment**: six case studies. [S.l.]: Organisation for Economic Cooperation and Development, 1995.
- [23] SINISGALLI, P. A. A. **Valoração dos danos ambientais de hidrelétricas**: estudos de caso. 2005. 211f. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [24] SOARES-FILHO, B.S. et al. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v.19, n.54, p. 61, Aug. 2005.

- [25] SOUSA JÚNIOR, W. C.; ALENCAR, Ane, MICOL, Laurent. BR-163: buscando sustentabilidade ou investindo em externalidades socioambientais? In: CONGRESSO DE ENSINO E PESQUISA EM TRANSPORTES, 20., 2006, Brasília, DF. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2006a. v.2. p.967-979.
- [26] BRANDÃO JÚNIOR, A. O. et al. Desmatamento e estradas não-oficiais da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2000, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p. 2357-2364.
- [27] MANUAL de soluções técnico-gerenciais para rodovias federais: construção de pista simples, terceira faixa e duplicação de rodovias. Brasília, DF: DNIT, 2009. v. 2. Disponível em: <http://www1.dnit.gov.br/ipr_new/download_manuais.htm>. Acesso em: 20 set. 2009.
- [28] RODRIGUES FILHO, S. **Estudo econômico comparativo entre tipos de pavimentos**. 2006. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [29] BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Departamento de Engenharia e Construção. Centro de Excelência em Engenharia de Transportes. **Plano nacional de logística e transportes**. Brasília, DF, 2007. (Modelagem de transportes, v.3; Matriz de custos operacionais modal rodoviário – hdm-4, tomo 3). Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2009.
- [30] DADOS técnicos linha tradicional. São Paulo: Mercedes-Benz, 2009. Disponível em: <<http://www.mercedes-benz.com.br>>. Acesso em: 21 set. 2009.
- [31] LOCOMOTIVAS de carga. São Paulo: GE Transportation, 2009. Disponível em: <http://www.getransportation.com/br/pr/loco_carga.html>. Acesso em: 17 set. 2009.
- [32] BRASIL. Banco Central do Brasil. **Banco Central**. Consulta a pagina institucional. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/>>. Acesso em 28 out. 2009.
- [33] BRASIL. Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários. **ANTF**. Consulta a pagina institucional. Disponível em: <<http://www.antf.org.br/>>. Acesso em 25 out. 2009.
- [34] BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE**. Consulta a pagina institucional. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 26 out. 2009.
- [35] DE NEGRI, J. A.; KUBOTA, L. C. **Transporte de Cargas no Brasil**: estudo exploratório das principais variáveis relacionadas aos diferentes modais e às suas estruturas de custos. Brasília, DF: IPEA, 2006.

FOLHA DE REGISTRO DO DOCUMENTO			
1. CLASSIFICAÇÃO/TIPO TC	2. DATA 06 de novembro de 2009	3. REGISTRO Nº CTA/ITA/TC-105/2009	4. Nº DE PÁGINAS 75
5. TÍTULO E SUBTÍTULO: Análise comparativa de custos dos modais ferroviário e rodoviário para o transporte de cargas na Amazônia			
6. AUTOR(ES): Marcos Lopes Cançado Curi			
7. INSTITUIÇÃO(ÕES)/ÓRGÃO(S) INTERNO(S)/DIVISÃO(ÕES): Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA			
8. PALAVRAS-CHAVE SUGERIDAS PELO AUTOR: Comparativo intermodal; Custos de transportes; Transportes de cargas			
9. PALAVRAS-CHAVE RESULTANTES DE INDEXAÇÃO: Análise modal; Transporte de carga; Análise de custos; Desenvolvimento sustentável; Transporte rodoviário; Transporte ferroviário; Administração de transportes			
10. APRESENTAÇÃO: X Nacional Internacional ITA, São José dos Campos. Curso de Graduação em Engenharia Civil-Aeronáutica. Orientador: Rogéria de Arantes Gomes Eller; Co-Orientador: Wilson Cabral de Sousa Júnior. Publicado em 2009.			
11. RESUMO: Este estudo avalia o custo total, no Brasil, de dois modais de transporte de cargas: rodoviário e ferroviário. O objetivo da avaliação do custo total é fornecer um suporte para que a iniciativa pública ou privada possa conhecer melhor as implicações econômicas de investimento da expansão de qualquer um destes dois modos. O estudo analisa os custos internos de implantação, operação e manutenção, além de apresentar uma abordagem de custos externos, como o custo ambiental. A partir da coleta de dados de empresas brasileiras do setor rodoviário e ferroviário, é mostrado um comparativo entre os custos de implantação, manutenção e operação de cada um dos modais. A análise do custo externo é feita utilizando ferramentas de valoração ambiental de impactos previstos, através de modelos de previsão de desmatamento. Tendo em vista a análise dos custos globais a longo prazo de cada modal, cria-se um cenário de transporte de cargas baseado em dados reais e, com o auxílio dos custos atuais dos modais, faz-se a estimativa dos custos de transportes durante um período de dez anos. Ao final deste trabalho conclui-se que o modal ferroviário se mostra mais vantajoso, tanto no aspecto econômico, quanto no aspecto ambiental, apesar de ter um custo inicial um pouco maior quando comparado ao modal rodoviário.			
12. GRAU DE SIGILO: (X) OSTENSIVO () RESERVADO () CONFIDENCIAL () SECRETO			