

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de  
conservação das rodovias brasileiras**

**Daniela Bacchi Bartholomeu**

Tese apresentada, para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de Concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba**

**2006**

Daniela Bacchi Bartholomeu  
Bacharel em Ciências Econômicas

**Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação  
das rodovias brasileiras**

Orientador:

Prof. Dr. **JOSÉ VICENTE CAIXETA FILHO**

Tese apresentada, para obtenção do título de Doutor em  
Ciências. Área de Concentração: Economia Aplicada

**Piracicaba**

**2006**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Bartholomeu, Daniela Bacchi

Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras / Daniela Bacchi Bartholomeu. - - Piracicaba, 2006.

164 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.  
Bibliografia.

1. Custo econômico 2. Dióxido de carbono 3. Impacto ambiental 4. Rodovias –  
Conservação 5. Transporte de carga 6. Transporte rodoviário I. Título

CDD 388.1

**“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”**

## AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas tiveram importância fundamental para a elaboração e o desenvolvimento desta Tese.

Em primeiro lugar, expresso meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. José Vicente Caixeta Filho pela atenção e orientação eficaz durante todas as etapas da Pós-Graduação e, principalmente, deste estudo.

Aos professores Joaquim Bento de Souza Ferreira Filho, Silvia Helena Galvão de Miranda, Augusto Hauber Gameiro, Suzana Kahn Ribeiro, Ricardo Silveira Martins e Mirian Rumenos Piedade Bacchi, agradeço toda a atenção dispensada à Tese, através das sugestões e recomendações durante sua elaboração.

Agradeço à Netz Engenharia, na figura do Paulo Gentil, pelo apoio no processo de coleta de dados primários e disponibilização dos mesmos.

Às transportadoras Supricel e Lubiani, que se dispuseram em fornecer alguns dados para a pesquisa.

Gostaria de agradecer também a todos os demais professores, funcionários (à Maielli, em especial) e amigos da Pós-Graduação e do Departamento de Economia, Administração e Sociologia.

Também foi essencial o apoio de minha família. Aos meus pais (Carlos Augusto e Lavínia) e irmãos (João Neto e Marcelo), minha eterna gratidão. Ao meu marido e melhor amigo, William, meus agradecimentos pela compreensão e carinho.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, pela bolsa concedida ao longo da realização desta pesquisa.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE FIGURAS .....	8
LISTA DE TABELAS .....	10
LISTA DE QUADROS .....	14
LISTA DE SIGLAS .....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 CARACTERIZAÇÃO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGAS .....	21
2.1 Caracterização da qualidade da malha rodoviária .....	25
2.2 A frota brasileira de caminhões .....	29
3 AS EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ) NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO BRASILEIRO DE CARGAS .....	32
3.1 As mudanças climáticas e o Protocolo de Quioto .....	32
3.2 O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL .....	38
3.3 O consumo de energia e as emissões de CO <sub>2</sub> no Brasil.....	40
3.4 Cálculo das emissões de CO <sub>2</sub> pelo transporte .....	51
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	64
4.1 Levantamento de dados primários.....	68
4.2 Estimativa dos parâmetros econômicos e ambientais .....	72
4.2.1 Classificação das rotas.....	74
4.2.2 Cálculo dos parâmetros econômicos .....	76
4.2.3 Cálculo dos parâmetros ambientais .....	80
4.3 Valoração dos benefícios econômicos.....	83
4.4 Valoração dos benefícios ambientais .....	91
5 RESULTADOS .....	95
5.1 Experimento 1 .....	95
5.1.1 Características e classificação das rotas estudadas.....	95
5.1.2 Dados coletados.....	111
5.1.3 Cálculo dos benefícios econômicos e respectivas valorações.....	112

5.1.4 Cálculo dos benefícios ambientais e respectivas valorações (externalidades).....	117
5.2 Experimento 2 .....	119
5.2.1 Características e classificação das rotas estudadas.....	119
5.2.2 Dados coletados.....	126
5.2.3 Cálculo dos benefícios econômicos e respectivas valorações.....	128
5.2.4 Cálculo dos benefícios ambientais e respectivas valorações (externalidades).....	134
5.3 Resultados agregados (Experimento 1 + Experimento 2).....	135
5.3.1 Cálculo dos benefícios econômicos e respectivas valorações.....	136
5.3.2 Cálculo dos benefícios ambientais e respectivas valorações (externalidades).....	139
5.4 Análise de Sensibilidade.....	140
6 CONCLUSÕES.....	148
REFERÊNCIAS.....	152
APÊNDICE .....	159
ANEXO .....	162

## RESUMO

### **Quantificação dos impactos econômicos e ambientais decorrentes do estado de conservação das rodovias brasileiras**

Devido à importância do modal rodoviário para a economia brasileira no que diz respeito à sua participação na matriz de transporte de cargas, à elevada participação no consumo de combustíveis fósseis (óleo diesel) e nas emissões de CO<sub>2</sub>, esta Tese avaliou se rodovias em melhores estados de conservação implicam benefícios econômicos e ambientais. Os benefícios econômicos disseram respeito à avaliação dos seguintes parâmetros: consumo de combustível, tempo de viagem e gasto com manutenção do veículo. Já os benefícios ambientais referiram-se às reduções das externalidades negativas resultantes da diminuição nas emissões de CO<sub>2</sub>. Foram realizadas coletas de dados primários relacionados ao desempenho observado em caminhões em rodovias com diferentes condições de infra-estrutura. Nesse sentido, foram conduzidos dois conjuntos de experimentos, envolvendo rotas e tipos diferentes de caminhões, aos quais foram acoplados computadores de bordo para auxiliar na coleta dos dados. O primeiro conjunto de experimentos envolveu quatro rotas, as quais foram percorridas por um caminhão Volvo FH12, fabricado em 2004. Num total de 48 viagens, foram observados o consumo de combustível, e o perfil das velocidades em cada trajeto. Os resultados indicaram a existência de benefícios econômicos e ambientais para as rotas em melhor estado de conservação. No segundo conjunto de experimentos, foram selecionadas duas rotas em diferentes estados de conservação., nas quais dois caminhões de fabricantes distintos (Scania R124-420 e MB 1944S) realizaram um total de 40 viagens. Nesses experimentos, também foram comparados os resultados observados em cada tipo de veículo, tendo sido possível concluir que o tipo de tecnologia apenas impactou no consumo de combustível. Finalmente, os dados dos dois conjuntos de experimentos foram agregados, a fim de estimar valores mais próximos à realidade, já que na prática, há diversos tipos de modelos e fabricantes de caminhão. Ainda assim, os resultados obtidos confirmam a existência de benefícios econômicos e ambientais resultantes de viagens em rotas com melhor infra-estrutura: há um aumento na eficiência energética em rotas melhores, implicando menor consumo de combustível e menores níveis de emissão de CO<sub>2</sub>. A análise estatística dos resultados sugeriu que, em geral, os dados relacionados ao consumo de combustível eram significativos ao nível de significância de 5%, rejeitando a hipótese nula de que o consumo médio das rotas em piores estados de conservação é estatisticamente igual ao consumo médio observado em rotas com melhores condições. Portanto, tratou-se de indicação em favor da hipótese alternativa, de que o consumo médio observado em rotas piores é maior do que aquele em rotas melhores.

Palavras-chave: Transporte rodoviário de cargas; Benefícios econômicos; Benefícios ambientais; Emissões de CO<sub>2</sub>

## ABSTRACT

### **Quantifying of the economic and environmental impacts deriving from Brazilian's highways state of conservation**

Due to importance of the road transportation for the Brazilian economy related to its participation in the matrix of load transport, to its high participation in the fossil fuels consumption (diesel) and in the CO<sub>2</sub> emissions, this study evaluated if highways in better state of conservation imply in economic and environmental benefits. The economic benefits were related to the evaluation of the following parameters: fuel consumption, duration of the trip and expenses on vehicle maintenance. The environmental benefits related to the CO<sub>2</sub> emissions reduction. It was collected primary data related to the performance observed in trucks on highways with different infrastructure conditions. In this aspect, it was carried out two sets of experiments, involving different routes and types of trucks, to which cutting edge computers were connect to assist the collection of the data. The first set of experiments involved four routes covered by a Volvo FH12 truck, manufactured in 2004. In a total of 48 trips, the fuel consumption, and the velocity profile in each passage were observed. The results showed the existence of economic and environmental benefits in the routes with better conservation. In the second set of experiments, two routes in different states of conservation were selected, in which two trucks from distinct manufacturers (Scania R124-420 and MB 1944S) performed a total of 40 trips. In these experiments, the results observed in each type of vehicle were compared, which allowed to conclude that the type of technology only impacted on the fuel consumption. Finally, the data of the two sets of experiments were aggregated, in order to approximate the values to the reality, once in reality there are several types of truck models and manufacturers. Still, the results confirm the existence of economic and environmental benefits deriving from trips in routes with better infrastructure: there is a gain in energy efficiency, resulting in less fuel consumption and lower levels of CO<sub>2</sub> emissions. The statistical analysis of the results suggested that, in general, the data related to the fuel consumption were significant to the level of significance of 5%, rejecting the null hypothesis that the average fuel consumption in the routes in worse states of conservation is statistically equal to that observed in routes in better condition. Therefore, it is indicated that the alternative hypothesis is significant that the observed average consumption in worse routes is bigger than that observed in better routes.

Keywords: Road load transportation; Economic benefits; Environmental benefits; CO<sub>2</sub> emissions



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da participação dos modais no transporte de cargas no Brasil (1986-2000)	21
Figura 2 – Malha ferroviária brasileira.....	22
Figura 3 – Principais hidrovias brasileiras .....	23
Figura 4 – Condições da pavimentação das rodovias analisadas (gestão estatal e terceirizada)...	26
Figura 5 – Vendas internas de veículos a diesel no atacado (1960 a 2004).....	29
Figura 6 – Evolução das concentrações mundiais de CO <sub>2</sub> .....	34
Figura 7 – Variações da temperatura da Terra .....	34
Figura 8 – Participação dos setores econômicos no consumo mundial de derivados de petróleo	41
Figura 9 - Consumo final de energia por fonte (2004).....	42
Figura 10 - Consumo final energético por setor da economia brasileira, em 2004.....	42
Figura 11 – Evolução do consumo final energético pelos modais de transporte entre 1970 e 2004 (em milhões de tep) .....	43
Figura 12 – Consumo final energético de derivados de petróleo, por setor da economia brasileira em 2004 .....	44
Figura 13 – Consumo de energia do setor de transporte brasileiro (%) .....	45
Figura 14 – Evolução do consumo de óleo diesel pelo transporte e pelo modal rodoviário, entre 1970 e 2004 (em milhões de tep) .....	45
Figura 15 – Evolução da intensidade energética por setor, entre 1970 e 2004 .....	46
Figura 16 – Emissões de CO <sub>2</sub> pelos subsetores abrangidos pelo setor “energia” (1994).....	47
Figura 17 – Emissões de CO <sub>2</sub> por modal de transporte (1994) .....	48
Figura 18 – Evolução das emissões de CO <sub>2</sub> pelos modais de transporte (1990-1994) .....	48
Figura 19 – Definição econômica da poluição ótima .....	66
Figura 20 – Um aumento não marginal na oferta: a mudança no excedente do consumidor.....	67
Figura 21 – Etapas da metodologia adotada.....	68

Figura 22 – Vista frontal do computador de bordo utilizado para a coleta de dados, já instalado no caminhão	69
Figura 23 - Passos seguidos para a realização dos cálculos necessários estimar os Valores dos Benefícios Econômicos e Ambientais	73
Figura 24 – Trajeto percorrido entre Cubatão e Campinas	96
Figura 25 – Trechos da rodovia SP-348, ilustrando condição de pavimentação	97
Figura 26 – Trajeto percorrido entre Ribeirão Preto e Bauru	99
Figura 27 – Trajeto percorrido entre São Paulo e Goiânia	101
Figura 28 – Trecho da rodovia SP-322, ilustrando condição de pavimentação	103
Figura 29 – Trechos da rodovia BR-153, ilustrando condição de pavimentação	104
Figura 30 – Trechos da rodovia BR-153, ilustrando condição de pavimentação	104
Figura 31 – Trajeto percorrido entre Feira de Santana e São Paulo	106
Figura 32 – Trechos da rodovia SP-381, ilustrando condição de pavimentação	109
Figura 33 – Trecho da rodovia BR-381, ilustrando condição de pavimentação	109
Figura 34 – Trajeto percorrido entre Campo Grande e Santos	120
Figura 35 – Trechos da rodovia SP-300, ilustrando condição de pavimentação	122
Figura 36 - Trechos da rodovia SP-280, ilustrando condição de pavimentação	123
Figura 37 – Trajeto percorrido entre Rondonópolis e Campo Grande	125
Figura 38 – Figura referente à ligação 44, com as classificações dos trechos quanto às condições de conservação do pavimento	164

## Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

