

Neto, Vicente Correia Lima; Aldigueri, Daniel Rodrigues

**Working Paper**

## Uma análise da ótica do usuário de rodovias para avaliação multicritério de projetos rodoviários

Texto para Discussão, No. 2079

**Provided in Cooperation with:**

Institute of Applied Economic Research (ipea), Brasília

*Suggested Citation:* Neto, Vicente Correia Lima; Aldigueri, Daniel Rodrigues (2015) : Uma análise da ótica do usuário de rodovias para avaliação multicritério de projetos rodoviários, Texto para Discussão, No. 2079, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/121696>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# 2079

TEXTO PARA DISCUSSÃO

## UMA ANÁLISE DA ÓTICA DO USUÁRIO DE RODOVIAS PARA AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE PROJETOS RODOVIÁRIOS

Vicente Correia Lima Neto  
Daniel Rodrigues Aldigueri







### **UMA ANÁLISE DA ÓTICA DO USUÁRIO DE RODOVIAS PARA AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO DE PROJETOS RODOVIÁRIOS**

Vicente Correia Lima Neto<sup>1</sup>  
Daniel Rodrigues Aldigueri<sup>2</sup>

---

1. Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea.  
2. Especialista em regulação de aviação civil. Superintendência de Regulação Econômica e Acompanhamento de Mercado. Agência Nacional de Aviação Civil (Anac).

## Governo Federal

**Secretaria de Assuntos Estratégicos da  
Presidência da República**  
Ministro Roberto Mangabeira Unger



Fundação pública vinculada à Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

### **Presidente**

Jessé José Freire de Souza

### **Diretor de Desenvolvimento Institucional**

Luiz Cezar Loureiro de Azeredo

### **Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das Instituições e da Democracia**

Daniel Ricardo de Castro Cerqueira

### **Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

Cláudio Hamilton Matos dos Santos

### **Diretor de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais, Substituto**

Bernardo Alves Furtado

### **Diretora de Estudos e Políticas Setoriais de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

Fernanda De Negri

### **Diretor de Estudos e Políticas Sociais, Substituto**

Carlos Henrique Leite Corseuil

### **Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas Internacionais**

Renato Coelho Baumann das Neves

### **Chefe de Gabinete, Substituto**

José Eduardo Elias Romão

### **Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação**

João Cláudio Garcia Rodrigues Lima

## Texto para Discussão

Publicação cujo objetivo é divulgar resultados de estudos direta ou indiretamente desenvolvidos pelo Ipea, os quais, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2015

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.  
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade do(s) autor(es), não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou da Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

# SUMÁRIO

---

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO .....	7
2 SISTEMA DE TRANSPORTES E O OBJETO DE AVALIAÇÃO EM PROJETOS RODOVIÁRIOS .....	8
3 DISCRETIZAÇÃO DOS ATORES IMPACTADOS POR PROJETOS RODOVIÁRIOS.....	9
4 OS IMPACTOS DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO SISTEMA.....	12
5 ESTRUTURA DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS RODOVIÁRIOS.....	15
6 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS .....	16
7 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA .....	18
8 RESULTADOS.....	19
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS .....	29





## SINOPSE

O objetivo deste artigo é apontar a necessidade e a importância do uso de técnicas de análise multicritério (AMC) na avaliação do projeto de transportes segundo os grupos afetados. Essa importância também é avaliada considerando o perfil dos atores e mostrando a relevância da diferenciação dos pesos em relação às características desse perfil. Esta pesquisa foi aplicada a um tipo de ator, o usuário de rodovias federais, que compõe duas classes de motoristas: condutores de veículos leves e condutores de veículos pesados. Os impactos do projeto foram analisados em relação aos potenciais benefícios gerados para os usuários das rodovias, segundo os critérios utilizados em metodologia de análise de propostas de percepção dos usuários da estrada para a importância destes critérios e, conseqüentemente, seu impacto sobre a avaliação do projeto de estrada. Apurou-se que a distinção entre usuários, de acordo com as variáveis, tipo de veículo usado: veículo leve (VL) e veículo pesado (VP), região da rodovia onde será aplicado e o nível de escolaridade seria de grande importância na avaliação de projetos rodoviários. É visto que a determinação de perfis dos motoristas na rodovia é importante para a obtenção de pesos adequados para a avaliação do projeto da estrada; isso também pode ser feito para a ponderação de outros critérios utilizados em diversos métodos existentes de transporte geral concentrado em outros atores.

**Palavras-chave:** avaliação de projetos; rodovias; análise multicritério.

## ABSTRACT

The aim of this paper is to point out the need and importance of multi-criteria weighting in road project assessment in the interests of the group affected by the project. This importance is also assessed considering the actors' profile, showing the relevance of the differentiation of the weights in relation to the profile characteristics. This research was applied to one type of actor, road users, divided into two classes of drivers: driver's light vehicles (LV) and driver's heavy vehicles (HV). These impacts of the road project were analyzed in relation to the potential benefits generated for road users, by the project, corresponding to the criteria utilized in the proposed analysis methodology of road users' perception of the importance of these criteria and consequently its impact on the road project assessment. It was found that distinguishing between users according to the variables, type of vehicle used (HV or LV), region where the road will be

implemented and the level of education would be of great importance in assessing road projects. It is seen that the determination of highway driver's profiles is important for obtaining adequate weights for road project assessment: this can also be done for weighting other criteria used in other existing methods of general-transport project assessment and focus on others actors.

**Keywords:** project appraisal; highways; multi-criteria analysis.

## 1 INTRODUÇÃO

Intervenções em infraestrutura rodoviária causam impactos em diversos atores da sociedade, tais como variação no tempo de viagem, no custo operacional de veículos, no conforto e na segurança para os usuários; variação no nível de atividades econômicas, na coesão comunitária e na poluição ambiental para os não usuários; variação no nível de arrecadação de impostos para o governo, entre outros. Dentre as principais intervenções, cita-se a construção e ampliação de rodovias (prolongamento, construção de terceira faixa de tráfego nos trechos em aclave, duplicação da pista etc.), a manutenção e conservação do pavimento e do sistema de drenagem, a construção e reforma de pontes e viadutos, a implantação e manutenção de barreiras e sinalizações etc. Todas elas têm como finalidade o melhoramento da qualidade do serviço prestado ao usuário.

Diante de várias alternativas de projeto rodoviário, das diferentes naturezas dos benefícios e dos custos associados a cada uma delas, técnicos e tomadores de decisão de instituições responsáveis pelo provimento de infraestrutura rodoviária têm sempre as seguintes questões a responder: Qual será o benefício do projeto? Quais projetos devem ser executados em uma dada situação? Quais projetos devem ser priorizados em caso de restrição orçamentária?

O processo de avaliação destas questões e seus resultados devem refletir os interesses daqueles que serão realmente beneficiados por estes projetos e daqueles que pagam por tais projetos. Muitos métodos de avaliação consideram, na ponderação de seus critérios para avaliação de projetos rodoviários, uma visão totalmente tecnicista que não necessariamente está alinhada a estes interesses. Assim, para responder às questões de modo mais adequado é necessário, em primeiro lugar, adotar um pressuposto de que os impactos gerados por projetos atingem de diferentes maneiras os atores da sociedade. Por conseguinte, a percepção dos impactos, sua intensidade e as respostas às questões apresentadas devem ser tratadas tendo como foco um ou vários dos atores da sociedade impactados por estes projetos.

Neste artigo, é realizada uma discretização de um grupo de atores impactados por projetos rodoviários e avaliado o resultado deste processo em termos de ponderação de critérios para avaliação de tais projetos. Os atores estudados são os usuários diretos da rodovia, considerados como os atores mais impactados quando da implantação de um

projeto rodoviário. Tal grupo foi segmentado em duas classes: motoristas de veículos leves (VL) e motoristas de veículos pesados (VP). Além desta segmentação, foram discretizados em usuários de regiões que apresentam características socioeconômicas e culturais distintas (Sul e Sudeste do Brasil), quanto ao sexo, renda, nível de escolaridade, faixa etária e outros. O resultado apresenta quais classificações são necessariamente relevantes na discretização de usuários de rodovias para cada critério utilizado na avaliação de projetos rodoviários.

Desta maneira, um conjunto de projetos rodoviários constituintes de um programa de investimentos em infraestrutura podem ser avaliados e priorizados conforme os reais interesses dos usuários das rodovias onde serão implantados. Assim, a caracterização do perfil do usuário destas rodovias por meio de uma pesquisa simples, bem como uma análise de sua distribuição em termos de tráfego (volume e classificação) da rodovia, representada pelo percentual de VL e VP, influirá na definição de qual projeto é mais prioritário e qual trará benefícios que estejam mais aderentes aos interesses dos usuários daquela rodovia.

No trabalho, são utilizadas técnicas de análise multicritério (AMC) com ênfase no Método de Análise Hierárquica (MAH) para avaliação dos projetos rodoviários e ponderação dos critérios estabelecidos, conforme os interesses dos usuários das rodovias.

O trabalho está dividido em nove seções, sendo esta introdução a primeira. A seção 2 trata do sistema de transportes e o objeto de avaliação em projetos rodoviários; a seção 3 da discretização dos atores impactados por um projeto rodoviário; a seção 4 dos impactos de projetos sobre o sistema e a infraestrutura de transporte rodoviário; a seção 5 da estrutura do método de avaliação de projetos rodoviários; a seção 6 do método utilizado para ponderação dos critérios de avaliação de projetos rodoviários; a seção 7 da definição da amostra; a seção 8 dos resultados e, por fim, a seção 9 traz as considerações finais.

## **2 SISTEMA DE TRANSPORTES E O OBJETO DE AVALIAÇÃO EM PROJETOS RODOVIÁRIOS**

No setor de transporte, os impactos de qualquer melhoramento introduzido em um sistema são medidos em relação à situação sem o melhoramento. Assim, quando se

duplica uma pista, a redução no tempo de viagem, por exemplo, é mensurada em relação à rodovia de pista simples. O mesmo raciocínio é aplicável a outros critérios.

Segundo Mainhem (1979), um sistema de transporte é composto por cinco elementos distribuídos ao longo do espaço: *i*) veículos, subdivididos em subsistemas que incorporam os sistemas de carregamento de mercadorias, o suporte à tripulação, o compartimento de carga, o sistema de propulsão etc.; *ii*) sistema de guia, que se configura nas vias por onde circulam os veículos, o sistema de apoio à propulsão e à energia (rede de combustíveis) e o sistema de controle (sinalização, controle do tráfego etc.); *iii*) sistema de transferência, que se subdivide em sistemas de armazenagem da carga e controle de acesso de passageiros etc.; *iv*) sistema de manutenção; e *v*) sistema de gerenciamento.

Faz-se necessário discernir sistema de infraestrutura. Em um conceito mais amplo, a infraestrutura, no caso específico de transportes, pode ser entendida como a base, material ou econômica, que dá suporte ao sistema (DNIT, 1997). Nesse sentido, para o sistema de transporte rodoviário, por exemplo, identifica-se como infraestrutura todo o sistema viário e seus componentes (Manheim, 1979) como os equipamentos de operacionalização, semáforos e elementos de sinalização, caracterizando-se assim como componentes do chamado sistema de guia.

Dessa forma, os projetos que são objetos de avaliação da metodologia aqui proposta contemplam o sistema viário e seus componentes. Observa-se, contudo, que projetos de caráter emergencial, tais como a queda de barreira ou o alagamento de um trecho de rodovia, não são contemplados pelas metodologias, pois é necessário restabelecer as condições operacionais na rodovia em um curto espaço de tempo.

### **3 DISCRETIZAÇÃO DOS ATORES IMPACTADOS POR PROJETOS RODOVIÁRIOS**

Os atores em questão são selecionados levando-se em conta o primeiro dos dois princípios básicos para a análise de projetos, sugeridos por Whol e Hendrickson (1984):

- os itens relevantes de *custo* ou *benefício* são aqueles fatores ou elementos específicos afetados por um projeto; e

- esses itens são valorados pelos que pagam os custos de implantação do projeto e/ou usufruem os benefícios gerados pelo projeto em questão.

Partindo desta premissa, podemos apontar como possíveis atores pagantes dos custos de um projeto de infraestrutura rodoviária o cidadão comum e empresas que pagam, por meio de parcela de seus tributos governamentais, os custos destes projetos. Este grupo é composto de todos os segmentos da sociedade, incluindo aqueles que não terão uso direto dos benefícios gerados pelo projeto. Além destes, temos os usuários da rodovia que, mediante o pagamento de pedágio, no caso de rodovias concedidas ou rodovias privadas, arcam com os custos do projeto e da manutenção da via. Considera-se aqui usuário da rodovia aquele que a utiliza para deslocamento pessoal ou escoamento de cargas, conforme definição dada por Manheim (1979).

Como atores beneficiados tem-se os diretos e os indiretos. Os diretos são os usuários da rodovia, enquanto os indiretos seriam os moradores da região onde foi executado ou está prevista a implantação do projeto. Em ambas as situações, os atores são beneficiados pelo desenvolvimento econômico advindo das melhorias na infraestrutura rodoviária, além dos proprietários de terras cortadas pela rodovia onde incidiu o projeto, a qual sofre alterações de usos e valor do solo – a chamada mais-valia (Cervero, 1998; Diaz, 1999; RICS, 2002).

Observa-se que sempre existe um representante bem definido constante tanto no grupo dos atores pagantes como no grupo dos atores beneficiados: os usuários da rodovia. Nesse sentido, a ponderação dos critérios utilizados na avaliação de projetos rodoviários terá como foco os interesses dos usuários da rodovia. Manheim (1979) sugere que estes atores podem ser diferenciados segundo a região de origem, o motivo da viagem e o grupo socioeconômico.

Neste estudo, este grupo de atores da sociedade foi segmentado em dois grupos: motoristas de VL (compactos, sedans e vans) e motoristas de VP (ônibus e caminhões). Esta divisão é uma forma adotada para discretizar ainda mais os interesses em questão, pois acredita-se que estes dois grupos apresentam pesos significativamente distintos entre os critérios adotados no estudo. Foram ainda observados os motoristas de duas regiões como forma de avaliar as diferenças de pesos decorrentes de aspectos socioeconômicos e culturais de duas regiões distintas: Sul e Sudestes do Brasil.

A região Sul do Brasil se destaca por uma colonização europeia muito forte no século passado, principalmente de alemães, italianos e poloneses. É uma região que tem sua economia fortemente voltada para agricultura e pecuária, sendo a segunda mais rica do país.

Já a região Sudeste do Brasil é considerada a mais populosa e rica do país. Sua economia é forte no agronegócio, mas principalmente numa forte indústria de base estabelecida em meados do século passado. Caracteriza-se ainda por concentrar as maiores cidades brasileiras e por ter tido uma ocupação decorrente de migrações internas. Muitos migrantes da região Nordeste do Brasil foram responsáveis pela ocupação e desenvolvimento deste espaço no século passado e também imigrantes oriundos da Itália, Países Árabes, Japão, China e Coreia.

Observa-se que países de grande extensão territorial como Brasil, China, Estados Unidos, Rússia, Índia, Austrália, Canadá e outros tendem a apresentar diferenças regionais decorrentes da economia local, cultura, processo de desenvolvimento socioeconômico e fatos históricos que se refletem nos valores de suas populações e, conseqüentemente, na percepção dos usuários de rodovias quanto à importância de um critério comparado a outro. Em países de extensão territorial menor também podem ser verificadas essas diferenças regionais, como no caso do Norte e Sul da Itália, Leste e Oeste da Alemanha, as divisões regionais na Espanha (País Basco, Galícia, Andaluzia e Catalunha) entre outros.

Este tipo de separação torna possível verificar se para um mesmo país, com regiões de características socioeconômicas e culturais distintas, é interessante aplicar os mesmos pesos de ponderação de critérios para avaliação de projetos rodoviários ou ter pesos distintos para avaliação de projetos de acordo com a região onde este será implantado.

Além do aspecto referente ao tipo de veículo do usuário da rodovia e sua região, foram ainda consideradas as variáveis de caracterização dos usuários da rodovia tais como: faixa de renda, faixa etária, nível de escolaridade, sexo, motivo da viagem e frequência de uso da rodovia. As pesquisas foram realizadas em cinco rodovias, sendo duas na região Sul e três na região Sudeste. A definição e seleção amostral é descrita na seção 7.

## 4 OS IMPACTOS DE PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO NO SISTEMA

Segundo Manheim (1979), impactos são aqueles aspectos do sistema e de suas atividades correlatas que devem ser considerados durante o processo de avaliação de projetos de transporte. Uma classificação mais abrangente de tais impactos foi desenvolvida pelo estudo do Transit Cooperative Research Program (TCRP, 1996). Para isso, tomou-se como referência seis grandes classes, categorizadas conforme a natureza dos efeitos, sistematizadas em subitens, a saber: *i*) impactos de mobilidade e acessibilidade; *ii*) impactos econômicos e financeiros; *iii*) impactos ambientais e energéticos; *iv*) impactos na segurança; *v*) impactos na equidade social; e *vi*) impactos intangíveis, além de outros fatores. Ressalte-se também que os impactos não devem ser compreendidos em separado, sob pena de consistir em falha conceitual sobre o comportamento desses efeitos em um dado objeto de estudo.

Utilizando uma outra abordagem, a National Cooperative Highway Research Program (NCHRP, 2001) demonstra que a implantação de um projeto de transporte acaba por gerar dois tipos de impactos: no sistema de transportes e sobre os efeitos socioeconômicos. Vale destacar que, conceitualmente, o estudo do NCHRP considera o impacto, termo corrente deste estudo, como efeito.

### 4.1 Principais impactos

Os impactos podem ter classificação mais ampla, sendo categorizados em diretos e indiretos. Os impactos diretos são mais facilmente quantificáveis e perceptíveis, já que afetam diretamente o usuário do serviço ou da rodovia como, por exemplo, impacto no tempo de viagem, na segurança viária etc. Já para os impactos indiretos, o número de atores envolvidos é mais elevado e a sua complexidade maior. Neste processo, é difícil observar o impacto como um todo, pois seus efeitos se propagam, necessitando-se de uma análise mais ampla do sistema. Apesar da dificuldade de se avaliar os impactos indiretos, estes devem ser incorporados à análise, mesmo que qualitativamente, de modo que o resultado não seja comprometido (Litman, 2002).

A estrutura da análise proposta é construída com base na análise dos componentes dos custos e benefícios dos possíveis impactos do projeto de transporte. Dessa forma, observa-se a seguinte distribuição dos custos de tais projetos (NCHRP, 2001; Litman, 2002; Mallela, 2004), conforme o quadro 1: *i*) custos de construção; *ii*) custos de



operação; *iii*) custos de manutenção; *iv*) custos diretos aos usuários; e *v*) custos indiretos à sociedade.

**QUADRO 1**  
**Estrutura dos custos de projetos de transportes**

Custos de construção	Custos de operação	Custos de manutenção	Custos diretos aos usuários	Custos indiretos à sociedade
Custos de capital, pavimentação, projetos, desapropriação, grade, subgrade, tipo de pavimentos etc.	Deterioração da rodovia (em função do tipo de pavimento, clima, tráfego), manutenção-padrão etc.	Atividades preventivas (função do projeto geométrico, da velocidade diretriz e da velocidade de viagem).	Alterações no tempo de viagem, segurança, redução dos custos de operação e manutenção veicular, nível de serviço.	Impactos no meio ambiente, na ocupação e valor do solo etc.
Custos assumidos pelos responsáveis da rodovia, seja esta pública, concedida ou privada				

Elaboração dos autores.

Os impactos que envolvem os custos diretos aos usuários são decorrentes principalmente das alterações no tempo de viagem, da segurança do projeto, além dos custos de operação e manutenção do veículo e da alteração do nível de serviço. Um ponto de destaque nesta estrutura refere-se aos custos à sociedade, nos quais se incluem os impactos no meio ambiente. Exemplos deles são a emissão de poluentes atmosféricos, os desmatamentos, a ocupação de região de nascentes e fundos de vales etc.

A partir da literatura especializada, pode-se observar a recorrência de certos impactos presentes na análise de projetos de transportes em diversos países, conforme destacado por meio dos grifos no quadro 2. Uma observação importante refere-se à utilização dos métodos empregados dentro do processo de avaliação, notando-se uma predominância das técnicas de análise benefício-custo e multicritério empregadas, por vezes, em conjunto.

O tempo de viagem, a segurança, a emissão de poluentes, o ruído e os custos decorrentes de tais projetos são itens presentes nas avaliações destes nos mais diversos países, o que demonstra a importância desses aspectos para as instituições gestoras de rodovias e seus usuários. Com base nisso, os benefícios aos usuários da infraestrutura rodoviária considerados neste trabalho serão tratados de acordo com os impactos a seguir.

- 1) Tempo de viagem: consiste no tempo médio de viagem em minutos para o trecho rodoviário em análise.
- 2) Risco de acidentes: refere-se a um índice no qual se podem enquadrar as situações de projeto ou reais das rodovias em uma escala de valor que reflete

o risco de ocorrer um acidente atribuído pelos usuários para as mais diversas situações. Desta forma, tem-se um processo simples de estimar a segurança e a alteração desta pela intervenção em infraestrutura rodoviária.

- 3) **Custo operacional veicular:** define o valor monetário gasto pelo usuário para trafegar pelo trecho de uma rodovia com seu veículo. Este custo abrange desde os derivados da operação até a manutenção da frota.
- 4) **Conforto:** trata do conforto ao rolamento na rodovia. É utilizado o conceito de Índice de Serventia Atual (Hass, Hudson e Zaniewski, 1994) que relaciona medidas objetivas (rugosidade do pavimento) à média das respostas subjetivas dos usuários em relação à condição de rolamento com conforto.
- 5) **Emissão de poluentes atmosféricos:** refere-se à emissão veicular de poluentes na atmosfera.

## QUADRO 2

### Principais impactos de projetos em infraestrutura rodoviária

Pais	Impactos medidos	Métodos empregados
Reino Unido (Bristow e Nellthorp, 2000)	Principais benefícios são a <i>economia de tempo</i> e a <i>redução de acidentes</i> . Fatores como os impactos econômicos regionais e ambientais são analisados em separado, contudo, sem um peso específico.	Utiliza o método de análise do tipo <i>benefício-custo</i> , com a aplicação do <i>software</i> COBA. Utiliza-se, ainda, de técnicas de <i>análise multicritério</i> para estabelecer a estrutura da relação entre os objetivos da análise.
França (Quinet, 2000)	Lucro financeiro e coletivo, equidade, <i>valor do tempo</i> , <i>segurança</i> , meio ambiente (ruído, emissão de poluentes) e desenvolvimento econômico regional.	Aplicação de técnicas de <i>análise multicritério</i> (agregação dos resultados após a análise de cada parâmetro) para estabelecer o processo decisório a partir de <i>análise benefício-custo</i> .
Alemanha (Hayashi e Morisugi, 2000)	<i>Redução dos custos de transportes</i> , de manutenção da infraestrutura, <i>incremento da segurança e acessibilidade</i> , efeitos espaciais (impacto no número de empregos ao longo da construção e operação da infraestrutura) e impactos no meio ambiente.	Método utilizado baseado em <i>análise benefício-custo</i> . Ao fim da análise, aplica-se um <i>critério de eficiência</i> , pelo qual se estabelece a priorização ou não do projeto no planejamento orçamentário.
União Europeia (UE) (Bristow e Nellthorp, 2000)	<i>Economia do tempo de viagem</i> , <i>redução de acidentes</i> , impactos no meio ambiente e impactos socioeconômicos.	Os métodos usualmente utilizados baseiam-se em técnicas de <i>análise benefício-custo</i> , complementadas, em alguns países, por técnicas de <i>análise multicritério</i> (fases preliminares da análise).
Japão (Hayashi e Morisugi, 2000)	Principais benefícios são a <i>economia de tempo</i> , <i>de custos e a redução dos acidentes</i> . Inclui-se ainda a mensuração de impactos regionais e ambientais.	<i>Análise multicritério</i> suplementada por uma <i>análise benefício-custo</i> .
Estados Unidos (Hayashi e Morisugi, 2000)	Principais impactos são o <i>tempo de viagem e economia dos custos do transporte</i> (usuário e agência), <i>segurança</i> , demanda induzida, poluição ambiental e ruído.	Recomenda-se a utilização de <i>análise benefício-custo</i> . Possibilita a inserção de métodos de <i>análise multicritério e medidas de efetividade</i> .
Países em desenvolvimento (Talvitie, 2000)	Impactos: <i>tempo de viagem</i> , <i>segurança</i> , <i>custos de operação</i> e impactos ambientais.	Método empregado <i>análise benefício-custo</i> , utilizando o <i>HDM-4</i> ( <i>software</i> desenvolvido pelo Banco Mundial).

Elaboração dos autores.

Nestes impactos serão avaliados os possíveis benefícios gerados aos usuários da rodovia decorrente do projeto em questão, correspondendo aos critérios utilizados na metodologia proposta de análise da percepção do usuário da rodovia quanto à importância destes critérios e, conseqüentemente, seu impacto na avaliação de projetos rodoviários.

## 5 ESTRUTURA DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE PROJETOS RODOVIÁRIOS

A ideia básica do método proposto é estimar o benefício total sob a ótica dos usuários a rodovia, decorrente de projetos em infraestrutura rodoviária, considerando que o benefício total é função da magnitude dos cinco critérios (ou impactos) parciais enumerados na seção 4. No método (Ceftru, 2005) é adotado o modelo aditivo com cinco termos, cada um correspondendo ao produto entre o valor de um critério parcial e o seu peso relativo, o qual reflete a importância relativa do critério parcial na percepção da satisfação total. Assim, o benefício total ao usuário será estimado por meio da expressão matemática seguinte:

$$BU = \beta_1 ETV + \beta_2 RRA + \beta_3 RCV + \beta_4 ACF + \beta_5 REP \quad (1)$$

onde:

*BU* – índice do benefício total do usuário devido à intervenção,

*ETV* – economia no tempo de viagem,

*RRA* – redução no risco de acidente,

*RCV* – redução no custo operacional veicular,

*ACF* – aumento no conforto,

*REP* – redução na emissão de poluentes atmosféricos; e

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$  e  $\beta_5$  – pesos ou importância relativa dos critérios parciais.

O método é baseado em dois elementos fundamentais: conjunto de critérios parciais e conjunto de pesos relativos. A primeira etapa é a normalização do valor dos critérios (ou impactos), onde o valor 0 corresponde ao impacto “nulo” ou “praticamente nulo”, e valor 1 ao impacto “crítico”, considerando assim este intervalo. A situação “crítica” significa que qualquer valor acima deste é considerado insuportável pelos usuários. Portanto, a normalização foi feita dividindo-se o valor do impacto pelo valor do impacto crítico. Desta forma, pode-se dizer que o impacto de magnitude 1 é grave, qualquer que seja a modalidade de impacto, tornando todos comparáveis entre si. Assim, um impacto com valor 0,9 é bastante elevado, independente de se tratar de tempo de viagem, custo operacional ou risco de acidente. Mas a redução de 0,9 para 0,8 no valor de impacto provoca diferente nível de benefício ao usuário, dependendo de qual seja o impacto considerado. O elemento que define o benefício proporcionado por uma dada variação é o peso ou a importância relativa que usuários atribuem a cada um dos critérios.

## **6 PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS**

Para compatibilizar os termos utilizados com as convenções estabelecidas na área de AMC, os benefícios (ou impactos) parciais identificados serão doravante denominados critérios (Saaty, 1991). Considerando que os critérios influem de diferentes maneiras na percepção do benefício, eles devem ser ponderados de tal modo que reflitam essa influência o mais fielmente possível, obtendo com isso as suas importâncias relativas no benefício total.

A determinação desses pesos será realizada por meio de AMC, que consiste em uma série de técnicas desenvolvidas para ponderação. Ela ainda é utilizada para contornar as dificuldades inerentes à tomada de decisão, as quais envolvem um grande número de informações complexas (Dogdson e Spackman, 2000). Segundo Giorgi e Tandom (2000), as técnicas de AMC podem ser agrupadas em: estruturadas, análise de valor e recomendações para decisão. Neste trabalho foi adotada a técnica de análise de valor, tendo como exemplo de aplicação o Modelo Linear Aditivo (Furtado e Kawamoto, 1997) e o MAH (Saaty, 1991).

Um ponto importante que deve ser observado para evitar possíveis contestações quanto à efetividade da técnica é o modo como a atribuição dos pesos é realizada.

Quando essa etapa é de responsabilidade direta dos técnicos envolvidos na análise, o problema pode não estar sendo refletido na sua totalidade (Sayers, Jessop e Hilss, 2003). No entanto, essa prática pode ser facilmente corrigida dirigindo a aplicação da técnica àqueles cuja opinião interessa ao estudo – nesse caso, os usuários diretos da rodovia.

Para o processo de ponderação dos atributos foi aplicado neste estudo o MAH, que é uma técnica amplamente empregada no setor de transportes (Rabanni e Rabanni, 1996; Lastrans, 2005). Esta técnica pode ser utilizada para estabelecer medidas para critérios tangíveis ou intangíveis (quantitativos e qualitativos), mediante hierarquização do problema (Rabanni e Rabanni, 1996). Assim permitirá, por meio de pesquisa com os usuários diretos das rodovias, o conhecimento da importância atribuída por estes aos critérios considerados relevantes à análise de forma hierárquica.

A aplicação inicial deste método é estabelecer-se a hierarquização do problema em três níveis: meta, critérios e alternativas (Saaty, 1991), para em seguida realizar comparações entre os pares definidos. As comparações são realizadas de acordo com escala fundamental desenvolvida por Saaty (1991) na qual se pode representar qualquer conceito qualitativo – importância, risco, preferência etc. – relacionando-o com uma escala numérica predeterminada, que reflete a intensidade de importância de cada critério (quadro 3).

**QUADRO 3**  
**Escala fundamental do MAH**

Intensidade de importância	Definição	Explicações
1	Mesma importância	Dois critérios contribuem em igual valor para um objetivo
3	Importância fraca de um sobre o outro	Um critério é pouco mais importante que o outro
5	Importância forte ou essencial	Um critério é mais importante que o outro
7	Importância muito forte	Um critério é mais importante que o outro. Esta importância pode ser comprovada em termos práticos
9	Importância absoluta	Um critério é visivelmente mais importante que o outro. Esta importância é comprovada com certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre dois julgamentos adjacentes	

Elaboração dos autores.

No entanto, há controvérsia quanto à escala apresentada na tabela 2. Pöyhönen, Hämäläinen e Salo (1997) concluíram que, fixando-se o valor 1 para Mesma importância e 9 para Importância absoluta, a Importância fraca de um sobre o outro, Importância forte ou essencial e Importância muito forte assumem o valor 1,30, 2,02 e 3,65, respectivamente,

em vez de 3, 5 e 7 propostos por Saaty (1991). Como o objetivo do trabalho é avaliar a necessidade de se discretizar o usuário da rodovia e, conseqüentemente, sua percepção dos critérios utilizados na avaliação de projetos rodoviários e não uma avaliação dos valores propostos por Saaty (1991), para efeito de simplificação adotamos os valores da tabela 3. Um estudo posterior para refinamento dos valores comparativos adotados é interessante no intuito de verificar as questões apontadas por Pöyhönen, Hämäläinen e Salo (1997).

## 7 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

Esta pesquisa foi aplicada aos usuários de rodovias, discriminados em duas classes de veículos: leves e pesados. O objetivo é retratar a percepção desses usuários quanto aos critérios do modelo de avaliação. Os mesmos foram abordados em pontos de parada ao longo da rodovia, como postos fiscais e de combustíveis, para a realização da pesquisa. Em função dos custos envolvidos na pesquisa, foi adotado um esquema de amostragem aleatória estratificada, onde as rodovias constituem os estratos e os usuários as unidades amostrais. Esta estratificação por rodovia teve como fim a percepção das peculiaridades regionais, balanceando as variáveis de acordo com as diferenças existentes dos seus usuários (VL e VP). Desta maneira, fez-se uma análise considerando usuários de três rodovias situadas na região Sudeste do Brasil e duas situadas na região Sul.

Adotando-se um erro máximo tolerado de 0,075 e nível de confiança de 95%, sendo o tamanho da população o total de veículos que trafegam anualmente nas rodovias estudadas, tem-se o tamanho das amostras conforme apresentado na tabela 1.

TABELA 1  
Determinação do tamanho da amostra

Região	Rodovias	Tráfego anual <sup>1</sup>	Variância	Tamanho da amostra	Proporção (%)
Sudeste	A	8.146.743	0,5	171	20
Sudeste	B	52.212.018	0,5	171	20
Sudeste	C	12.023.310	0,5	171	20
Sul	D	14.212.721	0,5	171	20
Sul	E	6.286.221	0,5	171	20
<b>Total</b>		<b>92.881.013</b>	-	<b>855</b>	<b>100</b>

Elaboração dos autores.

Nota: <sup>1</sup> Em veículos equivalentes (ANTT, 2005).

A amostra de cada rodovia equivale a 171 eventos, acrescidos de 29, prevendo falhas de aplicações e possíveis substituições de questionários na pesquisa de campo. A distribuição dos questionários apresenta valores iguais: 50% motoristas de VL e 50% motoristas de VP.

### 7.1 Aplicação do questionário

Foi desenvolvido um questionário e um gabarito de informações exclusivas para aplicação, de modo a facilitar o entendimento da relação da escala proposta por Saaty (1991). O questionário foi elaborado considerando o registro das diversidades socioeconômicas dos usuários das rodovias, procurando abordar diretamente os conceitos envolvidos nos critérios do Índice do Benefício Total do Usuário, conforme a seção 5 deste estudo. Dessa forma, além das informações da técnica MAH, foram incluídas informações sobre as características do usuário pesquisado – faixa de renda, faixa etária, nível de escolaridade, sexo, motivo da viagem e frequência de uso da rodovia.

A pesquisa foi aplicada nas rodovias integrantes da amostra, segundo a seguinte distribuição regional dos pontos de coleta: dez pontos na região Sudeste ao longo das três rodovias situadas nesta região e sete pontos na região Sul ao longo das duas rodovias situadas nesta região, observando-se a distribuição por tipo de usuários (VL ou VP).

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Região Sul

Foram pesquisados na região Sul do Brasil um total de 405 usuários em sete pontos de pesquisa ao longo das rodovias D e E. No total, foram abordados, para aplicação do questionário, 197 motoristas de VP e 207 de VL, sendo 54 compactos, 91 sedans e 62 vans (tabela 2). Observa-se que 95,56% dos pesquisados foram do sexo masculino, sendo que 55,31% com faixa etária variando entre 20 e 40 anos. A baixa quantidade de motoristas do sexo feminino (doze usuários) confirma tal percentual.

TABELA 2  
**Distribuição dos usuários segundo o tipo de veículo, faixa etária e sexo**

Tipo de veículo			Faixa etária			Sexo		
Veículos	Quantidade	%	Faixa etária	Quantidade	%	Sexo	Quantidade	%
Compacto	54	13,33	Até 20 anos	4	0,99	Masculino	387	95,56
			20 a 30 anos	111	27,41			
Sedan	91	22,46	30 a 40 anos	113	27,90	Feminino	12	2,96
			40 a 50 anos	98	24,20			
Vans	62	15,30	50 a 60 anos	57	14,07	Não informado	6	1,48
			Acima 60 anos	17	4,20			
Pesado	197	48,64	Não informado	5	1,23			

Elaboração dos autores.

Quanto ao nível de escolaridade, 44,44% cursaram até o nível fundamental (180) e 37,78% o nível médio. Apenas 12,10% dos pesquisados possuem nível superior e 0,74% (três usuários) indicaram que cursaram pós-graduação (tabela 3). Observou-se ainda que, com relação ao motivo da viagem, 350 usuários indicaram o trabalho (86,41%) como a razão da viagem enquanto 41 usuários (10,12%) relataram que o motivo era lazer (tabela 3). Um outro fato observado refere-se à condição da renda dos entrevistados; cerca de 18,27% ganham até US\$ 360; 38,76% ganham entre US\$ 360 e US\$ 720; 18,52% entre US\$ 720 e US\$ 1,440; e, finalmente, 12,59% ganham acima de US\$ 1,440. Um percentual de 11,86 não informou o rendimento.

TABELA 3  
**Distribuição dos usuários segundo o nível de escolaridade e o motivo da viagem**

Escolaridade/usuários			Motivo da viagem		
Escolaridade	Quantidade	%	Motivo	Quantidade	%
Fundamental	180	44,44	Lazer	41	10,12
Médio	153	37,78	Saúde	1	0,24
Superior	49	12,10	Não informou	13	3,20
Não informou	20	4,94	Trabalho	350	86,41
Pós-graduação	3	0,74			

Elaboração dos autores.

Aplicando-se o MAH para a obtenção da importância dos critérios, estratificados conforme o tipo de usuário, tem-se os resultados presentes na tabela 4. Dessa forma, para os motoristas de VL, obtém-se a seguinte ordem de importância: *i*) risco de acidentes; *ii*) emissão de poluentes; *iii*) custo veicular; *iv*) conforto; e *v*) tempo de viagem. Para



os motoristas de VP, a ordem de importância é a seguinte: *i)* risco de acidente; *ii)* custo veicular; *iii)* emissão de poluentes; *iv)* conforto; e *v)* tempo de viagem.

TABELA 4  
Região Sul: resultado de ponderação entre os critérios

Critério	Importância VL	Importância VP	Importância média geral	Desvio-padrão VL	Desvio-padrão VP
Risco de acidente (1)	0,4634	0,3983	0,4317	0,1703	0,1760
Tempo de viagem (5)	0,0981	0,1182	0,1079	0,0856	0,0952
Custo veicular (2)	0,1577	0,2007	0,1787	0,1196	0,1401
Conforto (4)	0,1225	0,1408	0,1314	0,1072	0,1009
Emissão de poluentes (3)	0,1584	0,1419	0,1505	0,1292	0,1245
<b>Total</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	<b>1,0000</b>	-	-

Elaboração dos autores.

Dessa forma, para os usuários diretos das rodovias na região Sul do país, tem-se a equação 2, conforme o tipo de usuário entrevistado.

Equação do benefício do usuário (Sul)

$$BU = 0,11 ETV + 0,43 RRA + 0,18 RCV + 0,13 ACF + 0,15 REP \quad (2)$$

## 8.2 Região Sudeste

Foram entrevistados 229 usuários na rodovia C, 169 usuários na rodovia A e 208 usuários na rodovia B, totalizando, respectivamente (606 usuários). Na rodovia C, 57,64% dos entrevistados eram motoristas de VP (132 usuários), enquanto na rodovia B 50,47% dos entrevistados eram motoristas de VL (105 usuários). Para a região Sudeste, considerando as três rodovias, observa-se uma distribuição equitativa entre os usuários, sendo 50,83% para VP e 49,17% para VL do total de 606 usuários entrevistados. O detalhamento desta classificação é apresentado na tabela 5.

TABELA 5  
**Relação de usuários por tipo de veículo**

Veículo	Rodovia C		Rodovia A		Rodovia B		Total	
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%
Compacto	29	12,66	49,00	28,99	44,00	21,15	122,00	20,13
Sedan	30	13,10	27,00	15,98	31,00	14,90	88,00	14,52
Van	38	16,59	20,00	11,83	30,00	14,42	88,00	14,52
Pesado	132	57,64	73,00	43,20	103,00	49,52	308,00	50,83
<b>Total</b>	<b>229</b>		<b>169</b>		<b>208</b>		<b>606</b>	

Elaboração dos autores.

Semelhante ao constatado na região Sul, a grande maioria dos pesquisados foi do sexo masculino, totalizando 95,38% da amostra. No entanto, com relação à faixa etária, foi constatada uma variação entre os seus usuários. A rodovia C e a rodovia B concentraram uma maior faixa de usuários na faixa de 30 a 40 anos, respectivamente 36,24% e 30,29%. Na rodovia A, os usuários têm uma faixa etária maior, concentrando-se entre 40 e 50 anos. No resultado regional, os valores relativos às idades inferiores a 20 anos e superiores a 50 anos foram menores quando comparados com os resultados da região Sul (tabela 6).

Com relação ao nível de escolaridade, 45,05% cursaram apenas o ensino fundamental, enquanto apenas 12,54% dos usuários declararam possuir nível superior. Este fato é de grande impacto quando se pensa no nível de educação e de consciência dos motoristas brasileiros, e na responsabilidade que esses têm quanto à segurança e ao transporte de bens e pessoas nas rodovias brasileiras. O principal motivo de viagem declarado é o trabalho, totalizando 82,18% dos usuários, enquanto apenas 17,82% relataram que o motivo era lazer. Destaca-se que a rodovia C é mais utilizada para viagens por motivo de trabalho (96,51%). Isto pode ser explicado pelo fato de a região ser cortada pela rodovia C, que tem características urbanas e está localizada na região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro. Esse valor destoa das rodovias A e B, que mantiveram um valor médio de 75% por motivo de trabalho para os usuários destas.

TABELA 6  
Relação de usuários por sexo e faixa etária

Sexo	Rodovia C		Rodovia A		Rodovia B		Total	
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%
Masculino	217	94,76	165	97,63	196	94,23	578	95,38
Feminino	7	3,06	2	1,18	12	5,77	21	3,47
Não informou	5	2,18	2	1,18	-	-	7	1,16
<b>Total</b>	<b>229</b>		<b>169</b>		<b>208</b>		<b>606</b>	

  

Faixa etária	Rodovia C		Rodovia A		Rodovia B		Total	
	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%	Quantidade	%
Até 20 anos	1	0,44	-	-	-	-	1	0,17
20 a 30 anos	30	13,10	41	24,26	46	22,12	117	19,31
30 a 40 anos	83	36,24	38	22,49	63	30,29	184	30,36
40 a 50 anos	69	30,13	49	28,99	58	27,88	176	29,04
50 a 60 anos	36	15,72	31	18,34	29	13,94	96	15,84
Acima de 60 anos	10	4,37	10	5,92	9	4,33	29	4,79
Não informou	-	-	-	-	3	1,44	3	0,50
<b>Total</b>	<b>229</b>		<b>169</b>		<b>208</b>		<b>606</b>	

Elaboração dos autores.

Um outro fato observado refere-se à condição da renda dos entrevistados. Cerca de 16,50% ganham até US\$ 360; 38,45% ganham entre US\$ 360 e US\$ 720; 32,67% entre US\$ 720 e US\$ 1,440; e finalmente 9,24% ganham acima de US\$ 1,440. Um percentual de 11,86% não informou o rendimento. De um modo geral, os valores entre as rodovias foram uniformes, com pequenas variações percentuais. Um ponto discrepante refere-se aos de usuários da rodovia A, onde 27,22% declararam que recebem até US\$ 360, inferindo-se uma relação com o baixo nível de escolaridade dos motoristas.

A partir da aplicação do MAH para a importância dos critérios do benefício dos usuários, foi observada uma diferença entre as percepções dos usuários de VL e VP nas rodovias A e B. Já os da rodovia C, independentemente do veículo utilizado, tiveram observações semelhantes quanto às importâncias dos critérios, com baixa variação. Em todas as rodovias, o critério risco de acidentes foi considerado o mais importante, com valor de importância média variando entre 0,310331 (rodovia C) e 0,386407 (rodovia B). O critério emissão de poluentes também teve grande variação de importância entre os usuários das rodovias C e B, com valores entre 0,167932 e 0,0927294 (B); para os da rodovia A o valor foi de 0,161607 (tabela 7).

TABELA 7  
**Resultado de ponderação entre os critérios de importância**

Rodovia C			
Critério	VL	VP	Média ( $\beta$ )
Risco de acidente	0,304364	0,314717	0,310331
Tempo de viagem	0,112748	0,117552	0,115517
Custo veicular	0,227090	0,175555	0,197384
Conforto	0,192828	0,220598	0,208835
Emissão de poluentes	0,162970	0,171578	0,167932
Rodovia A			
Critério	V L	VP	Média
Risco de acidente	0,3437332	0,301849	0,325641
Tempo de viagem	0,1075496	0,112613	0,109737
Custo veicular	0,2217130	0,195031	0,210187
Conforto	0,1814700	0,207762	0,192827
Emissão de poluentes	0,1455342	0,182744	0,161607
Rodovia B			
Critério	VL	VP	Média
Risco de acidente	0,433917	0,337975	0,386407
Tempo de viagem	0,136725	0,174751	0,155555
Custo veicular	0,167953	0,201839	0,184733
Conforto	0,163979	0,188277	0,176011
Emissão de poluentes	0,097427	0,097158	0,097294
Geral (região Sudeste)			
Critério	VL	VP	Média
Risco de acidente	0,362694	0,319445	0,340713
Tempo de viagem	0,119522	0,135510	0,127648
Custo veicular	0,204521	0,188961	0,196613
Conforto	0,179004	0,206747	0,193105
Emissão de poluentes	0,134259	0,149337	0,141923

Elaboração dos autores.

Uma importante observação refere-se ao fato de os motoristas de VL darem maior importância ao custo veicular que os de VP, sendo mais importante para estes o conforto do que o custo veicular. A constatação reflete um comportamento quanto ao motivo das viagens, na sua grande maioria a trabalho e, possivelmente, da posse do veículo em questão. Motoristas de VP em geral são contratados de empresas transportadoras e o custo veicular fica a cargo destas; daí a não importância dada a esse critério por parte destes entrevistados.

Em função dos valores calculados e presentes na tabela 7, pode-se elaborar uma hierarquia entre os critérios, identificando as variações e as peculiaridades dos usuários de cada rodovia. Nota-se que os valores que foram utilizados para esta tabela são com base nos valores médios obtidos para os critérios.

Com base no quadro 4, é formatada a tabela 7 que apresenta os resultados hierarquizados em termos de importância para as rodovias da região Sudeste e uma média desta região.

QUADRO 4  
Região Sudeste: hierarquia entre os critérios para as rodovias

Ordem	Rodovia C	Rodovia A	Rodovia B	Sudeste
1ª	<b>Risco de acidente</b>	<b>Risco de acidente</b>	<b>Risco de acidente</b>	Risco de acidente
2ª	Conforto	Custo veicular	Custo veicular	<b>Custo veicular</b>
3ª	Custo veicular	Conforto	Conforto	<b>Conforto</b>
4ª	Emissão de poluentes	Emissão de poluentes	Tempo de viagem	<b>Emissão de poluentes</b>
5ª	<b>Tempo de viagem</b>	<b>Tempo de viagem</b>	<b>Emissão de poluentes</b>	<b>Tempo de viagem</b>

Elaboração dos autores.

Nota-se que o único critério que teve importância homogênea entre os diversos usuários foi o risco de acidentes. Todos os demais variaram quanto à ordem, razão das diferenças socioeconômicas entre os usuários de cada rodovia (conforme caracterização). Assim, pode-se considerar a equação (3) para o cálculo do benefício do usuário para rodovias localizadas na região Sudeste do Brasil, de modo que o resultado seja mais ajustado para as suas características, refletindo a percepção do usuário daquela região quanto a importância e benefícios que um determinado projeto pode trazer.

Equação do benefício do usuário (Sudeste)

$$BU = 0,128 ETV + 0,341 RRA + 0,197 RCV + 0,193 ACF + 0,142 REP \quad (3)$$

### 8.3 Análise comparativa

Para avaliar a significância das diferenças apresentadas nas seções 8.1 e 8.2 foi utilizado o *software* SAS 9.0 (SAS, 1999) na análise dos resultados obtidos. As variáveis e suas possíveis instâncias verificadas são listadas no quadro 5. As análises destas variáveis foram

realizadas para cada um dos cinco critérios ponderados: risco de acidentes, tempo de viagem, custo veicular, conforto e emissão de poluentes.

**QUADRO 5**  
**Variáveis analisadas e suas instâncias**

Variável	Instâncias					
Região	Sul	Sudeste	-	-	-	-
Sexo	Masculino	Feminino	-	-	-	-
Faixa etária	Até 20 anos	20 a 30 anos	30 a 40 anos	40 a 50 anos	50 a 60 anos	Acima de 60 anos
Escolaridade	Fundamental	Médio	Superior	Pós-graduação	-	-
Faixa de renda (US)	Menor que 360	360 a 720	720 a 1,440	Acima de 1,440	-	-
Motivo	Trabalho	Lazer	Educação	Outros	-	-
Uso semanal	1 a 150	-	-	-	-	-
Uso mensal	1 a 30	-	-	-	-	-
Veículo	Pesado	Leve	-	-	-	-
VL	Compacto	Sedan	Van	-	-	-

Elaboração dos autores.

Numa primeira análise, foi verificada a normalidade, ou não, das instâncias apresentadas nas variáveis resultantes das unidades amostrais. Foram realizados os seguintes testes de normalidade: Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Cramer-von Mises e Anderson-Darling (SAS, 1999). Os testes de normalidade caracterizam se a amostra em questão apresenta distribuição normal, pré-requisito para utilização de teste de hipótese paramétrico como Anova ou teste “t” de Student. Em nenhuma das análises isto foi constatado, sugerindo que os testes de hipótese a serem realizados sejam do tipo não paramétrico, no caso o de Kruskal-Wallis e o de Wilcoxon (SAS, 1999).

Os testes de hipótese com nível de confiança de 95% (nível de significância de 5%) sugerem que, para uma determinada variável ser relevante na ponderação de um critério de avaliação de projetos, esta deveria apresentar uma diferença significativa ( $\rho$ ) de no máximo 5%. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 8.

TABELA 8  
Resultados dos testes de hipótese não paramétricos

Variável	Critérios				
	Risco A	Tempo V	Custo V	Conforto	Emissão P
Região	< 0,0001*	0,0003*	0,0236*	< 0,0001*	0,1550
Sexo	0,0388*	0,9667	0,0583**	0,3640	0,5905
Faixa etária	0,0912**	0,4066	0,7169	0,6731	0,0757**
Escolaridade	< 0,0001*	0,1954	0,1038	0,1149	0,0592**
Faixa de renda	0,0864**	0,3563	0,0615**	0,1205	0,0708**
Motivo	< 0,0001*	0,2923	0,0186*	0,1622	0,8018
Uso semanal	0,0314*	0,5327	0,0867**	0,0082*	0,2635
Uso mensal	0,0440*	0,7718	0,2674	0,1929	0,2292
Veículo	< 0,0001*	0,0005*	0,4167	0,0010*	0,8859
VL	0,9131	0,6098	0,3361	0,9884	0,6948

Elaboração dos autores.

Obs.: (\*) Diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ).

(\*\*) Diferença significativa ( $p \leq 0,10$ ).

Os valores em cinza claro e branco na tabela 8 representam as variáveis mais relevantes na avaliação de projetos rodoviários para os critérios em questão, considerando um nível de significância de 5%. Isto indica que estas variáveis irão impactar de forma expressiva a percepção do usuário de rodovias quando da avaliação de projetos rodoviários mediante os critérios aqui estudados. Os valores em cinza claro na tabela 8 são aqueles considerados mais relevantes neste tipo de análise por apresentarem um  $p < 0,0001$ . Estes valores se referem à região a qual pertence o usuário, o nível de escolaridade e o tipo de veículo (leve ou pesado). Tais variáveis são extremamente relevantes para a avaliação de risco de acidentes e no caso da variável região, ainda na avaliação do conforto.

As demais variáveis que indicam a necessidade de discretização do perfil do usuário para ponderação dos critérios de avaliação de projetos rodoviários foram região para tempo de viagem e custo veicular; sexo para risco de acidentes; motivo da viagem para custo veicular; uso semanal para risco de acidentes e conforto; uso mensal para risco de acidentes; e veículo para tempo de viagem e conforto.

Não foram verificadas diferenças significativas quando estratificado o veículo leve em compacto, sedan e van em nenhuma das variáveis. Os critérios de avaliação de projetos rodoviários que mais são influenciados pelas características (discretização) do perfil do usuário são na ordem de maior influência: risco de acidentes, conforto, custo veicular

e tempo de viagem. A emissão de poluentes é um critério que não se altera quando da discretização do perfil do usuário. Foi identificado também que o critério de emissão de poluentes só apresenta uma diferença significativa quando se comparou usuários de rodovia com nível de escolaridade superior e pós-graduação em relação a usuários dos níveis de escolaridade fundamental e médio. Isto indica que, para caracterização do usuário, não é necessária a estratificação da variável nível de escolaridade nas quatro instâncias apresentadas no quadro 5, mas uma estratificação em apenas duas instâncias: usuários com nível superior e usuários sem nível superior.

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente artigo busca avaliar a validade da discretização do perfil do usuário de rodovias para ponderação de critérios na avaliação multicritério de projetos rodoviários. Tal discretização resulta numa avaliação de projetos rodoviários mais coerente com os interesses dos usuários diretos destas rodovias (motoristas) sendo estes os principais atores pagantes e beneficiados pelo projeto a ser implantado. Foi verificado que a discretização dos usuários conforme as variáveis, tipo de veículo utilizado (VP ou VL), região onde será implantada a rodovia e nível de escolaridade destes seriam de suma importância na avaliação de projetos rodoviários. Assim, tais variáveis devem ser consideradas para diferenciar grupos de usuários de rodovia de forma a balizar uma ponderação de critérios voltada a estes interesses específicos.

Além destas variáveis, outras como sexo, motivo da viagem, frequência de uso semanal e frequência de uso mensal também se mostram relevantes na determinação dos pesos utilizados nos critérios de avaliação de projetos rodoviários.

Uma caracterização do tráfego para verificação do perfil de usuários de uma determinada rodovia conforme essas variáveis resultaria em pesos para os critérios de avaliação mais adequados, refletindo especificamente em valores representativos dos interesses dos principais atores impactados por estes projetos de rodovia.

A verificação da importância ou não deste tipo de discretização do perfil de usuários pode ser realizada também para ponderação de outros critérios utilizados nos diversos métodos existentes de avaliação de projetos de transportes.



## REFERÊNCIAS

- ANTT – AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. **Anuário estatístico 2004**. 2005.
- BRISTOW, A. L.; NELLTHORP, J. Transport project appraisal in the European Union. **Transport policy**, 2000.
- CEFTRU – CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS EM TRANSPORTES. **Desenvolvimento de metodologia para avaliar os impactos de intervenções em infraestrutura de transportes nos usuários diretos de rodovias concedidas** – base da metodologia proposta. Brasília, DF: Universidade de Brasília (UnB), 2005. v. 1.
- CERVERO, R. **The transit metropolis**: a global inquiry. Washington: Island Press, 1998.
- DIAZ, R. B. **Impacts of rail transit on property values**. Mclean, VA: Booz Allen & Hamilton Inc., 1999.
- DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGENS. Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. **Glossário de termos técnicos rodoviários**. Rio de Janeiro: IPR Publicações, 1997.
- DODGSON, J. *et al.* **Multi-criteria analysis manual**. United Kingdom: Office of the Deputy Prime Minister, 2000.
- FURTADO, N.; KAWAMOTO, E. **Avaliação de projetos de transporte**. 1. ed. São Carlos: Editora USP, 1997.
- GIORGI, L.; TANDON, A. **The theory and practice of evaluation**. Vienna: Transtalk Workshop, 2000.
- HASS, R. C. G.; HUDSON, W. R.; ZANIEWSKI, J. P. **Modern pavement management**. Krieger Publishing Company; original edition, Melbourne, Florida, 1994.
- HAYASHI, Y.; MORISUGI, H. International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal. **Transport policy**, v. 7, 2000.
- LASTRANS – LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE TRANSPORTES. **Relatório final** – desenvolvimento de modelo de avaliação do nível de desempenho das rodovias federais concedidas. UFRGS, ANTT, 2005.
- LITMAN, T. **Transportation cost analysis**: techniques, estimates and implications. Victoria Transport Policy Institute, 2002. Disponível em: <<http://www.vtpi.org/tca>>. Acesso em: out. 2004.
- MANHEIM, M. L. **Fundamentals of transportation systems analysis**. Cambridge: The MIT Press, 1979.

MALLELA, R. **HDM-RUE users manual**. Nova Zelândia: HIMS, 2004.

NCHRP – NATIONAL COOPERATIVE HIGHWAY RESEARCH PROGRAM. **Guidebook for assessing the social and economic effects of transportation projects**. Washington: National Academy Press, Transportation Research Board, 2001. (Report, n. 456).

PÖYHÖNEN, M. E.; HÄMÄLÄINEN, R. P.; SALO, A. A. An experiment on the numerical modeling of verbal ratio statements. **Journal of multi-criteria decision analysis**, v. 6, p. 1-10, 1997.

QUINET, E. Evaluation methodologies of transportation projects in France. **Transport policy**, v. 7, 2000.

RABBANI, S. J.; RABBANI, S. H. **Decisions in transportation with the analytic hierarchy process**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1996.

RICS – THE ROYAL INSTITUTION OF CHARTERED SURVEYORS. **Land value and public transport** – stage 1: summary of findings. Department of Transport. Office of the Deputy Prime Minister, Reino Unido, 2002.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. MacGraw-Hill, São Paulo, 1991.

SAS. **SAS online doc.**, version 8, SAS Institute Inc., Cary, NC, 1999. Disponível em: <<http://v8doc.sas.com/sashtml/>>. Acesso em: abr. 2007.

SAYERS, T. M.; JESSOP, A. T.; HILSS, P. J. Multi-criteria evaluation of transport options – flexible, transparent and user-friendly? **Transport policy**, v. 10, p. 95-105, 2003.

TALVITIE, A. Evaluation of road projects and programs in developing countries. **Transport policy**, v. 7, 2000.

TCRP – TRANSIT COOPERATIVE RESEARCH PROGRAM. **Transit and urban form**. Washington: National Academy Press, Transportation Research Board, 1996. (Report, n. 16).

WOHL, M.; HENDRICKSON, C. **Transportation investment and pricing principles**. New York: Wiley, 1984.



## EDITORIAL

### Coordenação

Cláudio Passos de Oliveira

### Supervisão

Andrea Bossle de Abreu

### Revisão

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Carlos Eduardo Gonçalves de Melo

Elaine Oliveira Couto

Elisabete de Carvalho Soares

Lucia Duarte Moreira

Luciana Bastos Dias

Luciana Nogueira Duarte

Míriam Nunes da Fonseca

Thais da Conceição Santos (estagiária)

Vivian Barros Volotão Santos (estagiária)

### Editoração eletrônica

Roberto das Chagas Campos

Aeromilson Mesquita

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Carlos Henrique Santos Vianna

### Capa

Luís Cláudio Cardoso da Silva

### Projeto gráfico

Renato Rodrigues Bueno

*The manuscripts in languages other than  
Portuguese published herein have not been proofread.*

### Livraria Ipea

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES, Térreo.

70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 3315-5336

Correio eletrônico: [livraria@ipea.gov.br](mailto:livraria@ipea.gov.br)





## Missão do Ipea

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Secretaria de  
Assuntos Estratégicos

