



**UnB – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACE – FACULDADE DE ECONOMIA,
ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E
CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO**

MARCELO TEIXEIRA DA SILVEIRA

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DOS RISCOS DE ACIDENTES DE
TRÂNSITO EM RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS**

MESTRADO EM GESTÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE

**BRASÍLIA – DF
JANEIRO de 2009.**

Marcelo Teixeira da Silveira

**Avaliação Econômica dos Riscos de Acidentes de Trânsito em
Rodovias Federais Brasileiras**

**Dissertação apresentada ao Departamento
de Economia da UnB como requisito para a
conclusão do curso de mestrado em Gestão
Econômica do Meio Ambiente, sob a orientação
específica do professor Ph. D. Jorge Madeira
Nogueira e co-orientação do professor Dr. José
Aroudo Mota.**

**Brasília – DF
Janeiro de 2009.**

FOLHA DE APROVAÇÃO

Brasília – DF, 20 de Janeiro de 2009.

**Prof. Ph. D. Jorge Madeira Nogueira
(Orientador)**

**Prof. Dr. José Aroudo Mota
(Co-orientador)**

**Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição
(Examinador)**

À ﷻ (*Allah*, Deus todo Poderoso), único capaz de conter a degradação do meio ambiente e salvar as vidas das pessoas envolvidas em acidentes de trânsito. Se for de Seu agrado, que *Allah* guarde suas almas perto de si. Ao colega de turma e amigo Adilson Raimundo Ramos, vítima fatal de um acidente de trânsito antes de alcançar o título de mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente.

AGRADECIMENTOS

A **الله** (*Allah*, Deus todo Poderoso), pois sem sua força e inspiração este trabalho não teria sido possível. Aos amigos membros da UGP/IPEA/DENATRAN, pelo auxílio na coleta de dados e busca pelos resultados da pesquisa. Aos amigos da CETESB-SP, pelo fornecimento de materiais. Aos senhores professores do curso de Mestrado em GEMA, que subsidiaram a ampliação dos meus horizontes na área da pesquisa econômica ambiental. Aos meus familiares, pais, avós, irmãos e amigos de curso. Um especial agradecimento à minha amada Najma Nawaz Khan e aos professores: Afrânio M. C. Vieira, Alexandre Xavier Ywata de Carvalho, Geraldo Sandoval Góes, Jorge Madeira Nogueira, José Aroudo Mota, Maysa Barreto Ornelas e Pedro Henrique Zuchi da Conceição, pelo apoio e incentivo de valor inestimável.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo discutir a problemática dos acidentes de trânsito e suas interfaces com aspectos relacionados ao ambiente onde ocorrem. Essas interfaces compreendem as condições físicas e ambientais do local do acidente, tanto da infraestrutura viária (pista simples, dupla, múltipla, trechos em tangente, curva etc.) como do entorno. O levantamento de dados foi efetuado por meio de *survey*, de modo que uma função de demanda pela redução do risco de acidentes no trânsito pudesse ter sido estimada com o uso da máxima Disposição a Pagar dos usuários das rodovias federais brasileiras. Essa função objetiva a estruturação de uma nova abordagem microeconômica, por meio do entendimento de Modelos Lineares Generalizados, a fim de avaliar o grau de familiaridade entre as variáveis consideradas. A estimação dos dados foi realizada com base na distribuição de Poisson, que resultou em variáveis relevantes e indicadoras de políticas públicas voltadas à redução da ocorrência de acidentes de trânsito. Conclui-se que a função de demanda para redução dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras, estimada por meio da Disposição a Pagar média em R\$ 5,57, está diretamente relacionada aos usuários das estradas de rodagem dos estados da Bahia, Pará e Pernambuco. Os resultados do presente trabalho permitem identificar a importância de se investir na construção de pontos de apoio ao longo das autovias e na educação para o trânsito.

Palavras-chave

Acidentes – Disposição a Pagar – Economia – Poisson – Rodovias

ABSTRACT

This work seeks to discuss traffic accidents and their relationships with the environment where they occur. The analysis encompasses the environmental and physical conditions of the accident site, as well as the highway infrastructure (single, double or multiple lanes, tangents, curves etc.), and the surroundings. The data collecting process was carried out through a survey, that allowed the estimation of a demand function for the reduction of the risk of being involved in a traffic accident, through the concept of a maximum willingness to pay of the users of the Brazilian federal interstate highway system. This demand function represents a new microeconomic approach that uses Generalized Linear Models in order to evaluate the degree of closeness between the variables considered in the model. The estimation has been done assuming a Poisson distribution, indicative in variables that are relevant and would point out to appropriate public policies aimed at reducing the number of accidents. We conclude that the demand for risk reduction in the Brazilian federal interstate highway system – estimated with a willingness to pay of R\$ 5.57 – is related with the users of the roads of the states of Bahia, Pará e Pernambuco. We also concluded that appropriate policies would be higher investments to educate drivers on traffic safety rules, and in the construction of support areas along the roads.

Key word

Accident – Economy – Highways –Poisson – Willingness to Pay

LISTA DE SIGLAS

- ABIQUIM** – Associação Brasileira da Indústria Química
- ALICE-Web** – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet
- ANTP** – Associação Nacional de Transportes Públicos
- ANTT** – Agência Nacional de Transporte Terrestre
- BAT** – Boletim de Acidente de Trânsito
- BR** – Rodovia Federal Brasileira
- CETESB** – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
- CO** – Monóxido de Carbono
- CNT** – Confederação Nacional dos Transportes
- CTB** – Código de Trânsito Brasileiro
- GPS** – Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System*)
- DAP** – Disposição a Pagar
- DAR** – Disposição a Receber
- DENATRAN** – Departamento Nacional de Trânsito
- DETRANs** – Departamentos Estaduais de Trânsito
- DETRAN-SP** – Departamento Estadual de Trânsito - São Paulo
- DNIT** – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
- EC** – Excedente do Consumidor
- IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC** – Intervalo de Confiança
- IPEA** – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- IPVA** – Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores
- MACH** – Método da Aproximação do Capital Humano
- MADAP** – Método da Aproximação da Disposição a Pagar
- MCR** – Método do Custo de Restituição
- MCV** – Método do Custo de Viagem
- MDIC** – Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
- MLG** – Modelos Lineares Generalizados
- MQNL** – Mínimos Quadrados Não-Lineares
- MQO** – Mínimos Quadrados Ordinários
- MVC** – Método de Valoração Contingente

NO₂ – Óxido Nítrico

N_xO_y – Óxidos de Nitrogênio

O₃ – Ozônio

OECD – Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento

ONU – Organização das Nações Unidas

P* – Preço de Mercado

pH – Potencial Hidrogeniônico

PRF – Polícia Rodoviária Federal

PIB – Produto Interno Bruto

PM₁₀ – Partículas Inaláveis

RENAVAM – Registro Nacional de Veículos Automotores

SECEX – Secretaria de Comércio Exterior

SO₂ – Dióxido de Enxofre

SOAP – Seguro Obrigatório de Acidentes Pessoais

UE – União Européia

UF – Unidade da Federação

USP – Universidade de São Paulo

VET – Valor Econômico Total

χ² – Qui-quadrada

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1 – Função de Utilidade.....	20
Equação 2.2 – Taxa Marginal de Substituição.....	22
Equação 2.3 – Taxa Marginal de Substituição Técnica.....	22
Equação 2.4 – Disposição a Pagar.....	23
Equação 3.1 – Função de Ligação <i>log</i>	53
Equação 3.2 – Função de Distribuição de Probabilidade de Poisson.....	57
Equação 3.3 – Função de Poisson Exponencial.....	57
Equação 3.4 – Média da Função de Probabilidade de Poisson.....	57
Equação 3.5 – Variância da Função de Probabilidade de Poisson.....	57
Equação 3.6 – Base do Modelo de Regressão de Poisson.....	58
Equação 4.1 – Função DAP pela Redução da Ocorrência de Mais Um Acidente de Trânsito em Rodovias Federais Brasileiras.....	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fluxo dos Benefícios dos Acidentes de Trânsito Evitados.....	49
Quadro 2 – Potenciais Vieses Relatados ao MVC	49
Quadro 3 – Reparação de um Acidente Ambiental	69
Quadro 4 – Simulações de Preços de DAP Média por UF Seleccionada, em R\$.....	76
Quadro 5 – Valor da Disposição a Pagar Média por Variáveis Seleccionadas, em R\$	80
Quadro 6 – DL ₅₀ Aguda para Algumas Substâncias Químicas.....	112

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual da Distribuição da Disposição a Pagar	61
Gráfico 2 – Disposição a Pagar dos Entrevistados por Grau de Instrução	62
Gráfico 3 – Disposição a Pagar por Situação Empregatícia Selecionada.....	62
Gráfico 4 – Disposição a Pagar dos Entrevistados com Relação aos Acidentes.....	63
Gráfico 5 – Percentual da Disposição a Pagar por Unidade da Federação.....	64
Gráfico 6 – Justificativas para a Não Disposição a Pagar	64
Gráfico 7 – Produto Químico Vazado Segundo Rodovias - R\$ Mil	66
Gráfico 8 – Frota de Veículos Emplacados em Dezembro de 2008, Mil Unidades.....	67
Gráfico 9 – Tipos de Veículos Envolvidos em Acidentes com Vítimas - 2004.....	67
Gráfico 10 – Classe do Produto Químico Vazado.....	68
Gráfico 11 – Causa do Acidente com Produto Químico	69
Gráfico 12 – Custo da Perda de Carga Química sobre a População Residente.....	70
Gráfico 13 – Frequência dos Valores Marginais da DAP para Redução de Acidentes.....	71
Gráfico 14 – Condutores Habilitados e Envolvidos em Acidentes - 2007	74
Gráfico 15 – Arrecadação de IPVA no Brasil em Valores Correntes - R\$ Bilhões.....	75
Gráfico 16 – Arrecadação de IPVA no Estado da Bahia no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões	77
Gráfico 17 – Arrecadação de IPVA no Estado do Pará no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões	78
Gráfico 18 – Arrecadação de IPVA no Estado de Pernambuco no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões	79
Gráfico 19 – Arrecadação de IPVA nas UFs: BA, PA e PE no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Melhores Rodovias do Brasil.....	65
Tabela 2 – Resumo das Despesas do Acidente Ambiental.....	69
Tabela 3 – Resultados do Modelo de Regressão de Poisson.....	73
Tabela 4 – Piores Rodovias do Brasil.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa Rodoviário Federal do Estado da Bahia.....	83
Figura 2 – Mapa Rodoviário Federal do Estado do Pará.....	84
Figura 3 – Mapa Rodoviário Federal do Estado de Pernambuco	85
Figura 4 – Operação de Contenção e Recolhimento do Produto Vazado	111
Figura 5 – Capotamento de Caminhão Transportando Carga Fracionada.....	113
Figura 6 – Tombamento de Carreta Transportando Amônia.....	114
Figura 7 – Aplicação de Espuma em Carreta que Transportava Álcool	115
Figura 8 – Neutralização de Produto Químico com Ácido Clorídrico	116
Figura 9 – Monitoramento Ambiental	118
Figura 10 – Regulamentação do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos.....	123
Figura 11 – Logotipo do Programa Olho Vivo na Estrada.....	130
Figura 12 – O Princípio do Iceberg	133
Figura 13 – Etapas do Programa Olho Vivo na Estrada.....	133

LISTA DE RÓTULOS DE RISCO

Classe de Risco 1 – Explosivos	124
Classe de Risco 2 – Gases	124
Classe de Risco 3 – Líquidos Inflamáveis.....	125
Classe de Risco 4 – Sólidos Inflamáveis; Substâncias Sujeitas a Combustão Espontânea; Substâncias que, em Contato com a Água, Emitem Gases Inflamáveis.....	125
Classe de Risco 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos	126
Classe de Risco 6 – Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes	126
Classe de Risco 7 – Materiais Radioativos.....	127
Classe de Risco 8 – Corrosivos	127
Classe de Risco 9 – Substâncias Perigosas Diversas.....	127
Classe de Risco 10 – Diamante de Hommel	128

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Problemática, Problema e Objetivo	18
1.2 Estruturação	19
2 EXTERNALIDADES, ACIDENTES DE TRÂNSITO E VALORAÇÃO ECONÔMICA: ELOS NA LITERATURA	20
2.1 Avaliação de Externalidades: Diferenças entre o Privado e o Social.....	20
2.2 Valoração das Externalidades e o MVC.....	21
2.3 Custo das Externalidades Provocadas por Acidentes de Trânsito.....	26
2.4 A Valoração Contingente e os Acidentes de Trânsito.....	29
2.5 Procedimentos Alternativos para Valoração da Segurança no Trânsito.....	39
2.6 O Valor Estatístico da Vida.....	42
2.7 A Sustentabilidade nas Rodovias	46
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	48
3.1 Materiais e Métodos da Pesquisa.....	48
3.2 Modelos Lineares Generalizados.....	51
3.2.1 <i>Deviance</i> e Seleção do Modelo	54
3.2.2 Superdispersão e Subdispersão.....	55
3.3 O Modelo Poisson	56
3.3.1 Aplicação do Modelo de Poisson	58
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	61
4.1 Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo.....	61
4.2 Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos	65
4.3 Caracterização e Análise da Regressão do Modelo Poisson	70
4.4 Projeções a Partir da Modelagem Econométrica.....	75

4.5 Resultados da Pesquisa Rodoviária	81
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
6 REFERÊNCIAS	90
APÊNDICES	99
ANEXOS	110

1 INTRODUÇÃO

Acidentes de trânsito têm sido incorporados ao cotidiano da vida das pessoas. Segundo Wilson e Thomson (2005, p. 332-333), a Organização para a Cooperação Econômica e o Desenvolvimento (OECD) estimou o número relativo de mortes em países membros em decorrência do terrorismo internacional e dos acidentes em rodovias entre os anos de 2000 e 2001. Entre os 29 países da OECD, a taxa de morte média anual por ferimentos em rodovias era, aproximadamente, 390 vezes a do terrorismo internacional. A realidade brasileira não é muito diferente. Conhecer melhor essa realidade, fornecendo informações e efetuando análises que subsidiem a tomada de decisões é o primeiro passo para a mudança desse quadro.

Assim, segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2006), todo desastre que envolve um veículo usado no momento do imprevisto para o transporte de pessoas e/ou mercadorias de um lugar para outro é considerado um acidente de trânsito. A anatomia de um acidente de trânsito compreende os seguintes componentes:

1. as pessoas envolvidas – feridos, mortos e pessoas sem ferimento algum, incluindo-se pedestres e transeuntes que venham a participar do acidente;
2. os veículos envolvidos – parcial ou totalmente destruídos, com pequenos problemas ou, ainda, sem dano algum;
3. a via e o ambiente – mobiliário, bens e propriedades públicas e privadas, além da via e seus equipamentos complementares, bem como as condições climáticas, iluminação, vegetação e tudo o que compõe o ambiente e
4. o aparato institucional e os aspectos socioambientais – legislação, fiscalização e gestão da circulação de bens e pessoas e administração da via e de seu entorno, bem como as “regras” não escritas e não oficiais aceitas pela maioria dos usuários, que venham a fazer parte da cultura regional e que possam influenciar nos acidentes.

Nesse contexto, pessoas são agentes fundamentais para fins de preferência na redução do número de acidentes. Para identificação e caracterização do componente “pessoa” são necessários dados sobre condições socioeconômicas como idade, sexo, nível de escolaridade, profissão etc. Entretanto, é essencial compreender a percepção dessas pessoas quanto às condições de infraestrutura rodoviária, suas preferências para investimentos públicos em determinados aspectos das autovias e, principalmente, o valor atribuído por elas na utilização das rodovias com alto nível de segurança. Esse último aspecto pode ser captado por meio da

Disposição a Pagar (DAP) marginal para evitar o risco de ocorrer mais um acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras.

1.1 Problemática, Problema e Objetivo

O presente trabalho discute a problemática dos acidentes de trânsito e suas interfaces com aspectos relacionados ao ambiente onde eles ocorrem. Essas interfaces compreendem as condições físicas e ambientais do local do acidente, tanto da infraestrutura viária (pista simples, dupla, múltipla, trechos em tangente, curva etc.) como do entorno. Nesse contexto, pode-se ter noção dos efeitos do acidente na deterioração do local, incluindo-se os impactos sobre a flora, a fauna e recursos hídricos, dentre outros. Inserido no cenário do acidente, fica mais adequado às vítimas quantificarem a DAP e avaliarem suas preferências para investimentos públicos na redução dos acidentes. Ao identificar essas interfaces, o pesquisador deve analisar estatisticamente os elementos que contribuem para a redução do número ou da gravidade dos acidentes de trânsito. Os resultados da pesquisa tornam-se relevantes para subsidiar a tomada de medidas mitigadoras de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras.

O objetivo deste trabalho é compreender os elementos econômicos e ambientais essenciais em uma estratégia de redução de acidentes de trânsito. Para a sua consecução, estima-se uma função demanda por reduções de acidentes de trânsito, que representa uma nova abordagem microeconômica, baseada em Modelos Lineares Generalizados (MLG), com a possibilidade de se avaliar o grau de familiaridade entre as variáveis consideradas. A referida função também analisa as relações existentes entre essas variáveis, submetendo-as a testes econométricos para responder ao seguinte problema: quais as variáveis que auxiliam no estabelecimento de políticas públicas para evitar o risco de ocorrer um acidente de trânsito adicional nas rodovias federais brasileiras?

Os modelos gerados permitem captar a relevância do investimento público para a segurança do trânsito, relacionando-o a ações como: educação para o trânsito, conservação e manutenção das rodovias, construção de pontos de apoio (postos policiais e de abastecimento, borracharias, hotéis etc.) e qualidade da pavimentação e da sinalização.

Para o desenvolvimento desse estudo recorreu-se à coleta direta de dados socioeconômicos das vítimas,¹ com base em uma amostragem da população composta por quem já se envolveu em algum tipo de acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras. Para obter essas informações foram utilizados os Boletins de Acidentes de Trânsito (BAT). Essas pessoas responderam a questionamentos sobre o acidente de trânsito no qual estiveram envolvidas, direta ou indiretamente. Além de se questionar os entrevistados sua DAP pela redução marginal do número de acidentes de trânsito, essa informação foi cruzada com outras questões como nível de preferência de investimentos em políticas públicas.

1.2 Estruturação

No Capítulo 2 busca-se compreender, nas experiências internacionais, como procedimentos metodológicos de valoração contingente podem auxiliar na redução dos acidentes de trânsito, de forma a manter um nível de segurança *ótimo* nas rodovias. Isso permite analisar de que forma o modelo de regressão proposto, ancorado em diversas técnicas econométricas existentes, pode contribuir para identificar variáveis relevantes minimizadoras dos danos sofridos pelas pessoas em função de acidentes de trânsito.

O Método de Valoração Contingente (MVC) é analisado, no Capítulo 3, pela ótica dos acidentes de trânsito, mostrando como se deve proceder em pesquisas que buscam obter uma DAP pela redução de riscos. Nesse capítulo apresenta-se, também, o Modelo Poisson, um procedimento inovador em pesquisas que envolvem técnicas de questionário com uso da DAP.

O Capítulo 4 compõe de três partes: inicialmente são analisados os resultados da pesquisa de campo; em seguida é caracterizado o *Modelo de Regressão de Poisson* como sendo o mais indicado para a análise proposta nesse estudo; por último, são avaliadas as especificações e estimativas do modelo econométrico, analisando-se as principais variáveis explicativas de uma redução do número de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras.

No Capítulo 5 são apresentadas as considerações finais do estudo, bem como as recomendações de futuras pesquisas sobre o tema e de políticas públicas relacionadas ao trânsito de pessoas e de cargas.

¹ O levantamento de dados por meio de *survey* permite ao pesquisador trabalhar com microdados, de modo que modelo estatístico para a redução de acidentes de trânsito seja estimada com o uso da máxima DAP de usuários de rodovias federais brasileiras.

2 EXTERNALIDADES, ACIDENTES DE TRÂNSITO E VALORAÇÃO ECONÔMICA: ELOS NA LITERATURA

2.1 Avaliação de Externalidades: Diferenças entre o Privado e o Social

Ao analisarem-se as interações entre os diversos agentes que compõem uma sociedade, encontrar-se-ão situações onde as ações de um ou mais indivíduos produzirão efeitos positivos e negativos sobre terceiros, sem que haja compensação entre as partes. No primeiro caso, as ações que beneficiam outros, além do próprio agente, poderão não ocorrer devido à falta de incentivos. Alternativamente, um indivíduo ou uma firma poderá insistir em uma atividade prejudicial a terceiros, caso não seja estimulado a modificar seu comportamento. Os impactos sobre o bem-estar de terceiros causados em decorrência da atividade de outros agentes são denominados *Externalidades*.

Externalidades são bens com os quais os indivíduos se importam e que não são vendidos nos mercados. Na presença de externalidades, os custos e os benefícios privados diferem dos custos e dos benefícios sociais (MOTTA, 1998). A origem dos problemas, portanto, é a falta de mercado para as externalidades (VARIAN, 2006, p. 670). De forma mais rigorosa, há externalidade quando uma ou mais variáveis da função de produção de uma firma ou da função de utilidade de um consumidor são determinadas ou sofrem influência da ação de outros indivíduos. Portanto,

$$U_j = [X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{nj}, F(X_{mk})], j \neq k \quad (2.1)$$

onde X_j são as atividades dos indivíduos j , enquanto $F(X_{mk})$ é uma função da atividade X_{mk} de k que afeta a atividade X_{nj} de j .

No que concerne a acidentes de trânsito, é fundamental analisar as externalidades que reduzem o bem-estar dos indivíduos. Essas externalidades são consideradas “relevantes” no *Sentido de Pareto*.² São aquelas que podem ser corrigidas de tal forma que a parte afetada melhore seu nível de bem-estar sem reduzir o da parte geradora da externalidade (MOTTA, 1998). Em suma, especificamente para acidentes de trânsito, haverá externalidade sempre que: a) a atividade de um agente provoca uma variação no bem-estar de outro agente; b) essa

² Uma situação econômica é ótima, no *Sentido de Pareto*, quando não for mais possível melhorar a função de utilidade de um agente econômico sem prejudicar a função de utilidade de outro agente (VARIAN, 2006).

variação do bem-estar não é compensada (PEARCE; TURNER, 1994, p. 61) e c) a externalidade pode ser corrigida sem reduzir o bem-estar de sua fonte causadora.

A primeira característica de uma externalidade é que sua origem decorre da indefinição de direitos de propriedade. De maneira geral, a falta de definição desses direitos ocorre devido às características do bem afetado, tornando o controle de seu uso extremamente complexo. Além disso, a ineficácia desse controle e o elevado custo a ele associado inviabilizam esse tipo de ação. A segunda característica de uma externalidade é o seu caráter incidental (CONTADOR, 1981). Um agente poluidor não tem a poluição como um fim. Na realidade, ela é um subproduto indesejável de sua atividade principal. Por último, a fonte causadora de uma externalidade não pode ser diretamente controlada sem que se incorra em custos.³

Contador (ibidem) destaca que algumas externalidades podem ser irrelevantes do ponto de vista social. No entanto, existem algumas que não podem ser ignoradas, como é o caso de impactos ambientais causados por inúmeras atividades. Os custos causados pelas externalidades ambientais decorrentes do funcionamento do sistema econômico podem ser classificados em oito grupos (ibidem), a saber:

1. perdas nas atividades produtivas;
2. impactos na saúde;
3. danos às propriedades e aos bens materiais;
4. impactos sobre a vegetação;
5. desgaste e esgotamento do solo;
6. impactos sobre a vida animal;
7. valores estéticos e
8. custos associados a litígios jurídicos.

2.2 Valoração das Externalidades e o MVC

Todo recurso (ambiental ou não) possui um *Valor Intrínseco*. Pode-se afirmar, por exemplo, que esse valor reflete os direitos de existência e interesses de espécies não-humanas. No entanto, na análise econômica, o valor relevante é aquele que interessa à tomada de

³ Existem três fontes principais de externalidades. A primeira, são os direitos de propriedade mal estabelecidos. A segunda fonte são as inovações tecnológicas. Essas últimas causam as externalidades tecnológicas, tornando o mercado competitivo incompatível com as novas tecnologias. As duas primeiras fontes de externalidades têm especial relevância, pois os recursos ambientais são, em sua maioria, considerados bens públicos, além de não terem seus direitos de propriedade devidamente delimitados (CONTADOR, 1981).

decisão. É, portanto, o valor que contribui para o bem-estar social (MAY *et alii*, 2003 p.83). O *Teorema do Bem-Estar*⁴ busca, partindo da condição de escassez dos recursos, alcançar a ótima alocação de recursos, de forma a maximizar o bem-estar dos produtores e dos consumidores. Se cada agente econômico maximizar o seu próprio bem-estar, estará contribuindo para o bem-estar social (AIACHE, 2003, p.122).

Em outras palavras, as decisões individuais – com relação à produção e ao consumo – dos agentes econômicos afetam as alocações de recursos e a distribuição de bens produzidos em uma economia. Do ponto de vista da oferta, o custo de produção determina o comportamento dos produtores de forma decisiva. Na demanda, o principal fator determinante das ações dos consumidores é a utilidade (HENDERSON, 1964, p. 45).

Na análise de equilíbrio geral, o conjunto de alocações eficientes é aquele onde o uso dos recursos é otimizado, gerando o maior nível de bem-estar possível. O ponto que representa a alocação ótima de recursos é chamado de *Ótimo de Pareto*. Nesse ponto, o maior nível de bem-estar é atingido, de modo que não há como melhorar a situação de determinado indivíduo sem reduzir o nível de bem-estar de pelo menos um, entre os demais indivíduos, ocorrendo o equilíbrio geral das trocas.

No entanto, existem duas condições necessárias para se alcançar o *Ótimo de Pareto*. Primeiro, a taxa marginal de substituição entre cada par de bens deve ser a mesma para todos os indivíduos que consomem esses bens. Segundo, a taxa marginal de substituição técnica entre cada par de insumos deve ser a mesma para todos os produtores que utilizam ambos os insumos:

$$\text{TMS } A_{ij} = \text{TMS } B_{ij} = P_i/P_j \quad (2.2)$$

$$\text{TMST } 1_{LK} = \text{TMST } 2_{LK} \quad (2.3)$$

Assim, em um mercado competitivo, espera-se que todas as trocas mutuamente benéficas sejam realizadas de forma que a economia atinja o equilíbrio geral, isto é, um *Ponto Pareto Eficiente*. Isso também se aplica aos bens e serviços ambientais. Como afirma Motta (1998), embora os bens e serviços derivados da utilização (direta ou indireta) de um recurso ambiental não possuam preços adequados, o consumo desses faz parte da função de utilidade dos indivíduos. Quando a disponibilidade de um bem ou serviço ambiental derivado de um recurso ambiental é alterada, a valoração dessa variação deverá, então, mensurar as variações de bem-estar resultantes dessa alteração de disponibilidade.

⁴ O primeiro *Teorema do Bem-Estar* afirma que o equilíbrio num conjunto de mercados competitivos é eficiente no *Sentido de Pareto*. O segundo teorema diz que, sob certas condições, toda alocação eficiente no *Sentido de Pareto* pode ser obtida como um equilíbrio competitivo (VARIAN, 2006).

A base para a mensuração de um benefício é o desejo das pessoas, ou seja, suas preferências. Para identificar essas preferências, basta observar como os indivíduos comportam-se quando se deparam com escolhas entre bens e serviços. É razoável assumir que uma preferência positiva por algum bem ou serviço surgirá na forma de uma DAP pelo recurso. Ao agregar as disposições a pagar dos diversos indivíduos, é possível obter uma DAP total. Esse conceito, por sua vez, fornece um indicador monetário das preferências da coletividade. No entanto, existem indivíduos que possuem uma DAP maior do que o preço de mercado do recurso em questão. Esse excesso, ou seja, a diferença entre a DAP e o preço de mercado é chamado de Excedente do Consumidor (EC). Nas palavras de Nogueira *et alii* (1998, p. 7), quando o “preço ‘máximo’ individual for superior ao preço que [o consumidor] verifica no mercado, ele tem uma ‘folga’ de preço que se denomina excedente do consumidor”. Assim,

$$\text{DAP} = \text{Preço de Mercado (P*)} + \text{EC} \quad (2.4)$$

A utilização de técnicas que vislumbram converter custos e benefícios ambientais em valores monetários é justificada pela necessidade de comparar diversos aspectos e situações heterogêneas (MUELLER, 2007, p. 393). A valoração econômica do meio ambiente é formada por um conjunto de métodos e técnicas que buscam estimar os valores dos benefícios proporcionados pelos ativos ambientais, bem como os custos associados à degradação desses (FARIA; NOGUEIRA, 1998). É, em essência, uma análise de *trade-offs*. Com base em valores monetários, procura-se comparar, entre diversas opções, aquelas julgadas as mais importantes.

O principal objetivo da valoração econômica ambiental é estimar os custos sociais da utilização dos bens públicos, em geral, e dos recursos ambientais, em particular, bem como os benefícios sociais proporcionados por esses recursos (MAY *et alii*, 2003 p.82). No entanto, como já enfatizado por diversos autores, entre eles Nogueira *et alii* (2000), May *et alii* (2003) e Pearce e Turner (1994), deve-se deixar claro que os métodos de valoração econômica buscam medir as preferências dos indivíduos pelos recursos ambientais e por mudanças em relação à quantidade e à qualidade desses, e não o *Valor Intrínseco* do meio ambiente ou de seus bens e serviços.

Existem diversas classificações para os métodos de valoração ambiental. Eles podem ser classificados como: indiretos ou diretos, baseados em mercados observados (reais), hipotéticos ou substitutos, ou ainda em funções de produção ou de demanda (MAY *et alii*, 2003, p.85). Com base na primeira classificação, atribuída à Hanley e Spash (1993), as técnicas de valoração indiretas visam esboçar as preferências dos indivíduos com base nas

informações obtidas em mercados estabelecidos, inferindo o valor econômico de um recurso ambiental a partir da observação do comportamento dos indivíduos em mercados relacionados ao ativo ambiental de bens complementares ou substitutos.

As preferências por um recurso ambiental podem ser reveladas indiretamente quando um indivíduo adquire, no mercado, um bem a ele relacionado. A ideia é que os consumidores comparam suas disposições a pagar com o preço estabelecido do produto. Dessa forma, a valoração dos recursos ambientais pode ser efetuada por meio da abordagem da preferência revelada, onde os indivíduos revelam suas preferências ao comprarem certos bens de mercado associados ao uso ou ao consumo de um bem ambiental.

No entanto, uma vez que os métodos indiretos conduzem à observação do comportamento dos indivíduos em mercados de bens complementares ou substitutos ao recurso ambiental, são eficazes apenas para estimar os valores de uso. Portanto, as estimativas obtidas com base em métodos indiretos podem subestimar o Valor Econômico Total (VET) do recurso avaliado. Por isso, tais métodos podem e devem ser combinados com métodos de valoração diretos.

Todavia, existem diversas situações onde não é possível aplicar os métodos indiretos (CROPPER; OATES, 1992, p.709). Por exemplo, quando não há comportamento defensivo ou preventivo, quando inexitem mercados substitutos ou quando há diversos sítios recreativos homogêneos concentrados em uma determinada região. Outro tipo de situação pode ser observada quando externalidades, bens públicos ou informações assimétricas interferem na determinação do EC a partir das funções de demanda observadas em um mercado. Os recursos ambientais geralmente sofrem com um ou mais desses problemas. Em adição, os métodos indiretos não são capazes de mensurar valores de não-uso dos recursos ambientais. Isso é uma grave deficiência visto que, em muitos casos, a parcela correspondente ao valor de não-uso de um dado recurso supera em muitas vezes o valor de uso a ele auferido (ibidem).

Os métodos de valoração diretos estimam as preferências individuais por bens e serviços a partir de perguntas efetuadas com base em questionário formulado e aplicado diretamente ao público. Ao responderem às perguntas, os entrevistados revelam suas preferências em relação ao recurso objeto do estudo. A principal vantagem dos métodos diretos reside no fato de ser a única abordagem capaz de estimar valores de não-uso. Isso ocorre porque os métodos diretos derivam seus resultados de um cenário hipotético, onde os indivíduos expressam suas preferências. Esse mercado, no entanto, não está necessariamente relacionado ao uso ou ao conhecimento prévio do recurso ambiental, de forma que é possível

obter as preferências individuais sobre recursos ambientais que nunca foram ou serão utilizados pelos entrevistados (MAY *et alii*, 2003, p.95).

Nessa categoria, insere-se o MVC. Esse método identifica, em termos da DAP ou da Disposição a Receber (DAR), as preferências individuais de uma amostra da população em relação a bens não comercializados no mercado. Para isso, cria-se um mercado hipotético para o recurso e todas as características desse mercado e desse recurso são transmitidas aos entrevistados. O mercado contingente deve incluir, além do recurso objeto do estudo, o contexto institucional no qual ele será fornecido e a forma de seu financiamento (PEARCE; TURNER, 1994, p. 148).

A gênese do MVC está na década de 1940, quando Ciriacy-Wantrup publicou um artigo medindo os benefícios de se evitar a erosão do solo (1947, p. 1190). Tendo em vista o valor monetário declarado pelas pessoas em relação aos bens de consumo e ou serviços disponíveis ou não no mercado, além de proporcionar a mensuração de benefícios, o MVC ainda facilita a formulação, a implantação e avaliação *ex post* de políticas públicas, bem como compara os investimentos realizados pelo poder público.

Para McFadden e Leonard (1993, p. 166), o MVC é um método utilizado frequentemente na valoração dos recursos ambientais, originado da análise econômica da demanda por bens públicos. R. Davis aplicou esse método na década de 1960, denominando-o de método de entrevista por meio de *survey*. Davis utilizou uma amostra de 121 caçadores e recreacionistas da floresta do Maine – Estados Unidos, em sua tese de doutorado na Universidade de Harvard, a fim de estimar os benefícios de uma área de recreação (KNETSCH; DAVIS, 1993, p. 342).

O MVC tem como objetivo central analisar a DAP ou a DAR de consumidores entrevistados, por meio de questionário, em um mercado contingente, ou seja, hipotético. Para Pearce e Moran (1994, p. 75) “um mercado contingente contém o próprio bem, o contexto institucional no qual seria fornecido e a maneira segundo a qual seria financiado”.

Sælensminde (1999, p. 14) ressalta que a DAP, por benefícios ambientais advindos dos dados da *Preferência Declarada* ou *Determinada*,⁵ associa-se tradicionalmente ao método de valoração contingente, que consiste em perguntar às pessoas o quanto estão dispostas a pagar por um benefício, como por exemplo, por uma melhoria na qualidade do ar. Ou ainda: o

⁵ A diferença básica entre pesquisas com *Preferência Declarada* e com *Preferência Determinada* é que na primeira o respondente deve ser inquirido a declarar uma possível resposta, sem, contudo, ter acesso a modelos de escolha. Na segunda, o pesquisador, por sua vez, está preparado a oferecer aos respondentes escolhas previamente determinadas, do tipo: você prefere isto ou aquilo? Sælensminde (1999).

quanto estão dispostos a receber como compensação pela deterioração de um determinado bem público.

Em síntese, três preocupações são básicas na aplicação de pesquisas que envolvem o desenho de um cenário contingente: primeiro, apresenta-se ao entrevistado um cenário contingente sobre o ativo que está sendo ofertado, no qual se incluem informações sobre a disponibilidade do recurso, o quanto está disposto a pagar e a qualidade do serviço; segundo, esboça-se a forma de eliciação sobre o quanto o entrevistado está disposto a pagar; e, terceiro, a validade da DAP deve ser testada, com o uso da microeconometria, em relação às características socioeconômicas e aos outros atributos ambientais e ou públicos (PEARCE; MORAN, 1994).

2.3 Custo das Externalidades Provocadas por Acidentes de Trânsito

Reduzir as externalidades de acidentes de trânsito consiste em situação *first best*, de acordo com Boyer e Dionne (1987). Com aversão ao risco, o seguro contra acidentes surge com o objetivo de promover uma redução significativa nas externalidades dos acidentes. O cuidadoso cálculo do valor do prêmio de seguro é provavelmente o instrumento de preço mais eficiente para internalizar o custo externo de acidentes de trânsito. Isto requer uma estrutura sofisticada de prêmio, com total diferenciação, de acordo com a categoria do risco e incorporando todos os componentes e as variáveis relacionadas ao custo do acidente. Com valores significativamente altos de uma vida humana, torna-se imperativa a análise dos custos relacionados às perdas de vidas em acidentes de trânsito.

A fim de estimar quatro tipos gerais de custos externos, Forkenbrock (1999, p. 505) toma como análise o frete de caminhões entre algumas cidades norteamericanas. Os custos externos estimados incluem as seguintes externalidades negativas: 1. acidentes com mortos, feridos e consequentes danos à propriedade de terceiros; 2. emissões de gases de efeito estufa, bem como poluição do ar; 3. ruído e 4. custos não recuperados associados à provisão, operação e manutenção das rodovias sob responsabilidade da autoridade pública.

Os custos gerados por essas externalidades devem ter um valor apropriado em dinheiro, requerendo aos geradores das externalidades que compensem a sociedade em uma quantidade igual aos custos externos. As estimativas disponíveis dos custos externos avaliadas por Forkenbrock (ibidem) são decorrentes de operações de transporte de caminhões e foram comparadas com os custos de mercado correspondentes, enfrentados diretamente pelos transportadores de mercadorias. Para tanto, foi utilizada a DAP, onde o custo de um tipo

particular de acidente é a quantidade que uma pessoa pagaria para reduzir o risco dessa ocorrência.

Os valores utilizados na análise foram os das estimativas do valor econômico da redução dos riscos de acidentes automotivos, expressos em valores dolarizados de 1988 e corrigidos monetariamente a valores de 1994. Para Forkenbrock (*ibidem*), os custos *per capita* em acidentes fatais custam US\$ 2,9 milhões; para acidentes em que ocorram ferimentos pessoais o valor é de US\$ 56,2 mil e para danos à propriedade privada, US\$ 2,1 mil. Para estimar o custo externo por tonelada-milha do transporte geral do frete, foi determinada a quantidade da compensação paga por companhias transportadoras afetadas. Concluiu-se que a externalidade dos acidentes se iguala a US\$ 0,59 por tonelada-milha. As estimativas finais de custos externos do frete de caminhão entre cidades americanas implicam que esses custos seriam substanciais (*ibidem*, p. 512).

Foram relatadas por Ortuzar *et alii* (2000, p. 2007-2018) duas aplicações da DAP para avaliar as externalidades do transporte em Santiago, no Chile. A primeira aplicação envolveu um estudo de valoração contingente no risco de mortalidade, devido em parte, a causas relacionadas à poluição. A segunda envolveu um estudo de preferência declarada para avaliar a redução dos riscos de fatalidades nas rodovias. Concluíram os investigadores que as aplicações, particularmente as que foram baseadas na escolha de métodos indicados, ofereceram uma técnica prática e consistente de estabelecer unidades de valor em países em desenvolvimento com renda elevada. As unidades de valor derivadas do MVC parecem justificar maior alocação de recursos às medidas defensivas para segurança e poluição, comparadas com aquelas resultantes de aproximações mais tradicionais (*ibidem*, p. 2007-2008).

Dubourg *et alii* (1994, p. 115-133) relatam os resultados de um estudo projetado para diminuir o risco de sofrer acidentes não-fatais nas rodovias, alterando, dessa forma, a percepção dos valores da DAP e da DAR declarada pelos respondentes. Observou-se que a possibilidade das preferências individuais combinadas com riqueza, risco e segurança são imprecisas, o que pode resultar em disparidades entre as estimativas de valor da DAP e da DAR.

Os resultados confirmaram que as preferências individuais para com a segurança são significativamente imprecisas. Certamente, as estimativas dos entrevistados sobre o mínimo que estariam preparados para aceitar um aumento do risco, frequentemente excedem o máximo que estariam preparados para pagar por uma redução equivalente no risco de perda

da vida (DUBOURG *et alii*, 1994, p. 115-133). Deve-se, então, optar pelo conservadorismo, ou seja, é preferível a análise da DAP à da DAR.

A propósito do desempenho das taxações sobre as externalidades no controle dos transportes, Mayeres (2002, p. 2) aborda como o modelo de taxação deve examinar as distorções pré-existentes nos impostos, bem como observar as implicações de limitações nos instrumentos de condução da disposição de políticas públicas. Segundo essa autora, a utilização do transporte é responsável por causar quatro principais categorias de externalidades: a. congestionamento, b. acidentes, c. custos ambientais e d. externalidades de danos às rodovias. Os custos não são apenas monetários, mas também ambientais marginais, quais sejam: custos impostos pela emissão de poluentes do ar, do aquecimento global e do ruído para a sociedade em geral e às gerações futuras.

Para Mayeres (*ibidem*), os custos externos marginais do acidente não são definidos diretamente quando um veículo adicional se junta ao fluxo de tráfego. Esse veículo causa três tipos de custos à sociedade. Primeiramente, o próprio usuário do transporte é exposto a um risco de acidente. Os custos sociais e econômicos desse usuário consistem na possível perda de sua utilidade e de parentes e amigos em razão do risco do acidente. Segundo, o usuário adicional do transporte pode ter impacto no risco de acidente de outros usuários da infraestrutura e, conseqüentemente, nos custos associados para a sociedade e para outros usuários. Terceiro, outros usuários de transporte adaptarão seu comportamento quando confrontados com uma situação diferenciada de tráfego. A quantidade desses três tipos de custos é externamente dependente das regras de responsabilidade e de compensação vigentes quanto ao modo de fixar o preço do seguro.

Os custos externos dos acidentes de trânsito constituem-se em uma das externalidades de maior impacto no setor de transporte. Rizzi (2005, p. 283-284) desenvolveu investigação sobre como valorar o que os congestionamentos e as políticas de desenho veicular e de infraestrutura das vias produzem na geração de externalidades dos acidentes rodoviários. Para obter uma estimativa dos custos externos desses acidentes, Rizzi (*ibidem*, p. 285-286) desenvolveu um modelo de custos de acidentes para o tráfego homogêneo no Chile, em que o custo total de um acidente inclui os custos internos e os externos do sistema de transporte.

A diferença em relação aos estudos anteriores é que esse trabalho projetou uma modelagem explícita da ocorrência de vítimas fatais ou gravemente feridas em acidentes de trânsito. O modelo foi estendido às condições de tráfego misto, usando como exemplo o caso de carros e bicicletas. Concluiu-se que os subsídios aos ciclistas estariam em contradição com

o resultado típico em modelagem de externalidades de Baumol e Oates (1979), que sustentam que as vítimas não devem ser compensadas.

Rizzi (2005, p. 294-295) centrou-se no uso de preços, deixando de lado instrumentos de regulação, tais como padrões de segurança, elementos indispensáveis em uma política de segurança do trânsito que busca aproximar-se do *Ótimo Social*. Para essa aproximação, Rizzi (ibidem, p. 297) propõe o cálculo de um imposto pigouviano⁶ considerando os custos de todos os possíveis acidentes entre diferentes categorias de veículos. Esse autor afirma que todo o custo extra de acidentes, gerado por não se dispor do *Nível Ótimo* de segurança da via, deve ser repassado à empresa responsável pela infraestrutura viária responsável por provê-lo.

Ainda no mesmo estudo, Rizzi (ibidem, p. 298) analisou o papel desempenhado pelo Seguro Obrigatório de Acidentes Pessoais (SOAP) na internalização das externalidades de acidentes rodoviários. O SOAP tem por finalidade indenizar as pessoas que sofreram lesões em acidentes envolvendo veículos assegurados ou os beneficiários daqueles que morreram em decorrência de acidentes desse tipo. Percebeu-se que, da forma como é cobrado, o imposto é pela utilização de um veículo e não tem nenhum impacto como ferramenta de gestão de segurança nas rodovias. Foi possível concluir, a partir dos modelos de custos de acidentes apresentados, que tanto o tráfego homogêneo como o tráfego misto geram externalidades de acidentes e devem estabelecer algum tipo de imposto pigouviano para sua internalização. Isso porque esse imposto tem a finalidade de alcançar o *Nível Ótimo* de segurança da via e não apenas estabelecer uma compensação às vítimas dos acidentes rodoviários (ibidem, p. 303).

2.4 A Valoração Contingente e os Acidentes de Trânsito

Como é sabido, acidente de trânsito é todo aquele que ocorre com veículo em via pública. Pode-se afirmar que um acidente é um evento independente das decisões humanas, causado por uma força externa, que atua subitamente, podendo causar ferimentos no corpo e na mente. Pode-se, neste contexto, considerar o acidente um evento não intencional que pode produzir ferimentos ou danos psicológicos. Não obstante, de acordo com Hanemann (1984, p. 333-334), o consumidor maximiza a sua função utilidade para redução dos danos causados

⁶ Os tributos são considerados os mais antigos instrumentos econômicos de gestão ambiental, embora os governos só tenham manifestado interesse aos tributos verdes a partir do final da década de 1980. O tributo sobre externalidades foi primeiramente proposto por Arthur Cecil Pigou em 1932. Esse tributo visa taxar a produção de uma determinada externalidade como forma de reduzir a sua intensidade e de elevar o nível de bem-estar social. O valor do tributo deve ser exatamente o custo marginal da degradação causado pela poluição ou por qualquer outra externalidade (BAUMOL; OATES, 1979, p. 230-245).

com base na quantidade de acidentes envolvidos e se sujeita, principalmente, a sua restrição de renda (KAHNEMAN; KNETSCH, 1992, p. 57-70).

Por sua vez, Beattie *et alii* (1998, p. 5) relatam os resultados de dois estudos que visam testar e refinar os procedimentos de estimação da DAP baseados em valores monetários da redução dos acidentes de trânsito com uso do MVC. Os respondentes tiveram a oportunidade de discutir coletivamente sobre o tema “segurança”, assim como sobre conceitos-chave a ele relacionados. Em reuniões de grupo, puderam confrontar suas respostas emitidas no teste padrão. Apesar disso, os resultados mostraram claras evidências da extensa e constante insensibilidade à escala e ao espaço para as melhorias de segurança especificadas nas perguntas de valoração contingente. Isso indica claramente a séria dúvida na confiabilidade e na validade da DAP, baseada em valores monetários da segurança estimados e com procedimentos convencionais de valoração contingente.

Ainda de acordo com Beattie *et alii* (ibidem, p. 6-7), a aproximação da valoração contingente envolve perguntar aos membros de uma amostra representativa da população com riscos de sofrer um acidente de trânsito sobre sua DAP por melhorias hipotéticas em sua segurança. Um valor baseado na DAP para a prevenção de uma fatalidade, que usa a aproximação revelada da preferência pode ser empregada ainda no contexto da segurança de rodovias. Cresce a evidência de que os valores baseados na DAP da segurança não são universalmente transferíveis e que a DAP *ex ante* das pessoas para reduzir o risco tenderá a variar com suas percepções e atitudes para características de perigos diferentes.

Na primeira fase do estudo de Beattie *et alii* (ibidem), as perguntas de valoração contingente foram feitas aos respondentes sobre a sua DAP por pequenas reduções em seu risco de morte ou de ferimento em um acidente de trânsito nas rodovias. Beattie *et alii* (ibidem) chegaram à conclusão de que os tipos de perguntas utilizadas nessa primeira fase não poderiam ser empregados com segurança, tal como bases para obter estimativas empíricas diretas de valores baseados na DAP para uso na formação de políticas públicas. Identificou-se ainda a dificuldade de alguns respondentes em tratar de pequenas reduções em probabilidades igualmente pequenas, como o fato de maior contribuição na relativa falha das perguntas diretas de valoração contingente.

Os pesquisadores decidiram então que a segunda fase do estudo visaria ressaltar a DAP dos respondentes por um número pré-estabelecido de mortes em uma dada população, tentando extrair deles a DAP pelo número de mortes evitadas. Isso facilitou o uso de perguntas de valoração contingente envolvendo a DAP de uma unidade domiciliar, o que

parece um conceito mais natural desse pagamento do que aquele usado na primeira fase, tal como em relação à segurança dos automóveis.

O estudo de Eckton (2003, p. 307) investigou a possibilidade de ser implantado um cordão de isolamento no embarque de usuários na rodovia do Parque Nacional de *Lake District* para diminuir os acidentes de trânsito e examinou a resposta de três grupos distintos: o visitante, o residente e o operador do negócio. As preferências monetárias foram extraídas dos três grupos de interesse usando um questionário por correspondência contendo um cenário com o uso do MVC. Segundo a estratégia de transporte do *Lake District* do ano de 2000, a expansão no uso recreativo do carro em áreas rurais aumentou a ocorrência dos níveis de tráfego e de acidentes de trânsito, normalmente associados a áreas urbanizadas, e destacou a necessidade de se considerar a gerência de demanda do tráfego.

O embarque dos usuários da rodovia é uma versão simplificada da teoria da economia de bem-estar de fixar o preço da rodovia. A premissa é que os usuários de carros devem pagar os custos externos, como por exemplo, congestionamento, segurança e reduções de acidentes no trânsito, normalmente impostos a outros usuários da rede de rodovias. Segundo Whitehead (2002) apud Eckton (2003, p. 309), é fundamental que o rendimento levantado seja reinvestido em modalidades alternativas de transporte para carros particulares na rede de rodovias. As condições reais do tráfego foram somente um fator que se somou a outro fator afetivo simbólico: o desejo subconsciente que faz o indivíduo queixar-se sobre o congestionamento, a falta de segurança e os acidentes de trânsito no Parque Nacional de *Lake District* (MORDUE, 1999 apud ECKTON, 2003, p. 313).

A construção de um cordão de embarque e a posição do traçado das cabines de pedágio poderia conduzir à formação de congestionamento e à provocação de acidentes nos limites da área de embarque. Esses efeitos negativos poderiam criar maiores ineficiências de congestionamento e de segurança no limite desse cordão e na rede de rodovias mais largas do Parque Nacional. Em vez de conter o impacto de veículos motorizados em áreas de embarque de usuários da rodovia no turismo rural, poderiam exportá-las para outras áreas menos apropriadas. A potencial falta de segurança do cordão poderia influenciar o esquema dos serviços de transporte alternativo do parque e do serviço de passeio, em adição aos interesses dos residentes e do operador do negócio, visando padrões particulares de mobilidade. Para Eckton (2003, p. 316), a política de embarque dos usuários da rodovia requer sua implantação em larga escala nas áreas urbanas no Reino Unido, antes que se possa usá-la em áreas rurais.

Essa implantação em grande escala poderia reduzir alguns dos problemas associados ao embarque de usuários da rodovia, especialmente: o potencial impacto regressivo em

usuários de baixa renda, a isenção de taxaço para residentes, o possível congestionamento em torno da cabine de pedágio, a desigualdade de determinados negócios afetados pelas ordens de embarque e a diminuição do número de acidentes de trânsito. Com isso, o embarque de usuários na rodovia foi julgado como uma estratégia impraticável da gerência de demanda de transporte para o Parque Nacional de *Lake District* em razão dos custos potenciais da equidade que excedem ganhos da eficiência na rede de rodovias.

No intuito de valorar esses danos, Carlsson *et alii* (2004, p. 147-163) sistematizaram um questionário de pesquisa para a DAP das pessoas por uma dada redução no risco de sofrer mais um acidente. Os pesquisadores perceberam que as pessoas se dispõem a pagar mais que o dobro por uma redução no risco de sofrer um acidente viajando de avião que de carro. Muitos dos respondentes sentem grande mal-estar nos vôos e estão mais dispostos a pagar para reduzir esse sofrimento.

Em estudos de valoração contingente para medir os interesses dos motoristas e entender outras DAPs por melhorias na superfície de rodovias pavimentadas, Walton *et alii* (2004, p. 483) consideram três benefícios: melhoria da eficiência do combustível, ruído interior reduzido e distância de parada reduzida em circunstância de pista molhada. Para avaliar a importância relativa percebida das melhorias, 1.200 motoristas receberam uma das 18 versões de questionários que esboçam o cenário da superfície de rodovias com diferentes níveis de benefícios dentro de um projeto fatorial 3 x 2 x 3. Os resultados evidenciaram que os motoristas estavam dispostos a pagar pela melhor eficiência do combustível e pela redução do ruído interior do veículo. No entanto, esses motoristas não mostraram nenhuma DAP significativa por uma redução na distância de parada do veículo. A explicação para essa ausência está relacionada à importância de se reconhecer que as preferências dos motoristas relacionadas à melhoria dos benefícios de segurança não necessitam ser traduzidas em uma DAP positiva.

Os participantes dessa pesquisa, afirmam Walton *et alii* (*ibidem*, p. 491), confirmaram preferência por considerações de segurança, mas não estão dispostos a pagar pelas reduções dos acidentes de trânsito quando apresentadas ao lado dos ganhos na eficiência do combustível e de uma redução no ruído dos veículos. A DAP por superfícies de rodovias, segundo Walton *et alii* (*ibidem*, p. 492), é modulada por percepções do governo, por mecanismos razoáveis de taxaço e por idade. Adicionalmente, uma DAP mais elevada alinha-se com um interesse maior de reduzir os impactos ambientais do percurso.

Diversos pesquisadores concordam que a melhor forma de avaliar possíveis valores para acidentes de trânsito encontra-se na valoração contingente. A aproximação da DAP,

justifica Armantier e Treich (2004, p. 7), é básica no uso do MVC para avaliar programas públicos de redução do risco de mortalidade nas rodovias. Todavia, não agregar peso à DAP é um método válido somente quando os indivíduos têm o mesmo valor marginal do dinheiro, uma posição irreal diante da heterogeneidade existente em todos os países. A heterogeneidade na riqueza e na linha de base do risco (respectivamente na redução do risco) acarreta uma superestimação sistemática (respectivamente para depreciação) do valor social de um programa de redução do risco.

Nas práticas atuais para avaliação de um projeto público de redução do risco da ocorrência de acidentes de trânsito são usuais as comparações da DAP média do indivíduo pelo custo *per capita* do projeto. Porém, a DAP é expressa em termos de dinheiro, e não de utilidade, de modo que a aproximação da DAP não alcança as mudanças esperadas dos indivíduos em níveis de serviço público. Apenas calcular a média da DAP dos indivíduos é inconsistente com a maximização de uma função utilitária do bem-estar social, exceto no caso especial em que todos os indivíduos tenham a mesma utilidade marginal do dinheiro. Com o auxílio de um modelo simples, é possível analisar como a aproximação da DAP distorce a valoração social, o que depende do tipo de heterogeneidade na população.

Armantier e Treich (*ibidem*, p. 8) consideraram três tipos de heterogeneidade: riqueza, linha de base do risco e redução do risco. Baseados em uma análise de valoração contingente existente, investigaram o quanto essas diferentes fontes de heterogeneidade afetam a exatidão da aproximação da DAP como uma medida do bem-estar social. Observaram que é sustentável a idéia de que a DAP sem peso agregado é um indicador razoável do benefício social em análises específicas de valoração contingente consideradas nesse estudo.

O uso de experiências de escolha dos gestores determinada⁷ na valoração dos benefícios ambientais relacionados ao tráfego das rodovias pode ser visto como uma extensão dessa escolha estabelecida gradualmente na pesquisa do transporte (HOJMAN *et alii*, 2005) e ainda aos problemas de gerência ambiental, tais como o uso recreativo de rios e a proteção de florestas (ADAMOWICZ *et alii*, 1998); caça recreativa de alces (BOXALL *et alii*, 1996) e a proteção da paisagem e dos animais selvagens na Escócia (HANLEY *et alii*, 1997).

Na busca de uma situação de entrevista o mais próxima de uma situação real possível, Sælensminde (1999, p. 14) baseou-se em viagens realizadas pelos respondentes e solicitou aos

⁷ De acordo com Mitchell e Carson (1993), uma vantagem da escolha determinada comparada à valoração contingente é que, primeiramente, os benefícios ambientais podem ser avaliados dentro de uma estrutura familiar, tal como uma viagem concreta, fazendo a situação de escolha menos hipotética ao respondente. Uma segunda vantagem é relacionada ao fato de que em estudos da escolha determinada o respondente é dado geralmente a mais de uma escolha em cada opção.

entrevistados que escolhessem entre duas viagens, sendo cada uma descrita nos termos de algumas de suas características, como tempo e custo da viagem, vários níveis de ruído e poluição do ar.

Isso deu ao pesquisador, segundo o autor (ibidem, p. 24), uma possibilidade para investigar como cada respondente fez o exercício, verificando, por exemplo, se suas escolhas foram consistentes ou se eles comportaram-se de uma forma lexicográfica⁸. A escolha determinada pode evitar o “que diz”⁹, o que é um problema em estudos discretos de valoração contingente da escolha.

Entretanto, há muito mais a ser feito com as possibilidades em estudos de escolha determinada ao explorar as consistências de escolhas do respondente individual. Halvorsen *et alii* (1996) apud Sælensminde (1999, p. 25), também compara as vantagens e as desvantagens no MVC com escolha determinada e painéis de decisão e conclui que nenhum desses métodos de avaliação é preferível a outros.

No entanto, a contribuição de Norinder *et alii* (2001, p. 142) em estudos contingentes realizados em 1998 na Suécia, avalia a DAP para reduzir o risco de morte global, bem como os riscos de acidentes fatais e não-fatais em rodovias, analisando insensibilidades potenciais em um estudo de valoração contingente. Por esse ponto de vista, podem-se reduzir vieses relacionados ao questionário de pesquisa, indicando que o mais acertado é a elaboração de apenas um cenário contingente. Essa pesquisa, em especial, envolveu o envio de questionários pelo correio com uma carta explicativa sobre o estudo anexada. Os autores optaram por dividir o trabalho em dois tipos de questionários, a saber: o primeiro com a finalidade de estimar o valor de redução do risco de uma fatalidade; o segundo visando estimar valores da redução do risco para ferimentos não-fatais na área de tráfego rodoviário. A todos os respondentes foram indagadas questões socioeconômicas, tais como: modalidade de transporte mais utilizada, modelo do veículo e estado de segurança dos carros da família, medidas de precaução do tráfego, exposição aos riscos do trânsito, experiência em acidentes rodoviários, estado de saúde pessoal e nível educacional.

⁸ As escolhas lexicográficas significam que, o respondente escolhe sempre a alternativa em que um dos fatores, como o preço, está em seu melhor nível. As escolhas lexicográficas podem apresentar um resultado simples, se o respondente achou difícil escolher entre as alternativas apresentadas ou um resultado de preferências reais ou se níveis demasiado diferentes dos fatores são incluídos na experiência de escolha. Conseqüentemente, as escolhas lexicográficas em uma experiência de escolha não significam necessariamente que o respondente tenha preferências lexicográficas (SÆLENSMINDE, 1999, p. 24).

⁹ Para Sælensminde (1999) o “que diz” ocorre se alguns respondentes concordarem com o pedido de um entrevistador, não obstante seu ponto de vista.

Três conceitos diferentes do risco foram utilizados pelos autores: risco base, redução relativa do risco e o produto destes dois: a redução absoluta do risco. Os riscos base diferiram entre os indivíduos desde que foram percebidos e indicados; a redução relativa do risco diferiu entre as subamostras, causando diferenças individuais na redução absoluta do risco. Nos cenários dos acidentes de trânsito não-fatais, o risco-base foi dado nos cenários e a redução relativa do risco foi considerada em 30% (NORINDER *et alii*, 2001, p. 143, 144).

A primeira etapa da pesquisa foi a testagem dos efeitos do espaço em exame, comparando-os às respostas da DAP para a redução relativa do risco de acidentes de trânsito não-fatais. Nessas comparações, os resultados dos acidentes são distintos e, em alguns casos, os riscos base também diferem. A segunda análise efetuada buscou testar uma escala do efeito, comparando-se a DAP na redução relativa do risco de morte e, finalmente, comparando diferentes reduções totais do relativo risco de morte.

Norinder *et alii* (ibidem, p. 146-148), observaram que a DAP média para uma redução do risco em um período de seis meses era mais baixa que aquela de meses de duração; porém, a diferença entre as amostras não era significativa. A DAP média e mediana eram maiores para a amostra de morte rodoviária do que para a amostra global de morte. Diferenças significativas foram encontradas na distribuição da DAP para os cenários de redução do risco, podendo ser explicadas pela polarização do foco adotado. O resultado mais expressivo foi a de que os respondentes necessitam de algum ponto de referência ao avaliar pequenas reduções no risco. Pelo fato de os cenários não serem iguais em todas as circunstâncias, há diversos fatores que podem causar equívocos e influenciar nas respostas da DAP, o que dificulta a extração de conclusões definitivas sobre a existência de efeitos do espaço e da escala (ibidem, p. 148).

Outro método que pode ser utilizado na redução dos riscos da ocorrência de acidentes é empregado por Earnhart (2003, p. 397) na análise do preço contingente, que investiga fixar o preço implícito para vários níveis de demanda por recreação. Em particular, o pesquisador solicita aos entrevistados que considerem o preço em que a quantidade demandada seria igual a zero. A aplicação se dá com base em análises contingentes para examinar a valoração do custo de transporte no contexto da demanda por recreação. Nenhum estudo precedente avaliado pelo Método do Custo de Viagem (MCV) examina a valoração dos custos de transporte. Além disso, o autor examina a valoração do custo do tempo.

O modo de ação contingente e as análises dos preços empregados por Earnhart (ibidem, p. 398) podem explorar os custos de transporte, ao evitar os problemas de variação limitada em taxas de acesso e na multicolinearidade difundida, gerando uma variação

hipotética significativa nesses custos em taxas de acesso e variação ortogonal do custo do tempo. A análise, fixando o preço contingente, força a pessoa em recreação a indicar separadamente um aumento na distância da viagem, no tempo dessa viagem, e em taxas de acesso, que é consistente com a demanda zero. Essa análise explora os *trade-offs* implícitos entre o transporte e o dinheiro, comparando as respostas às mudanças hipotéticas na distância da viagem e de taxas de acesso (ibidem, p. 398).

Tal fato fornece melhor valoração dos custos de transporte. Para conseguir isso, as melhorias na valoração dos custos do tempo são procuradas, explorando-se os *trade-offs* implícitos entre o tempo e o dinheiro. Para Earnhart (ibidem, p. 399), o emprego de taxas geralmente usadas em valoração de transporte dentro de uma viagem causou a superestimação da estrutura do valor colocado em custos de transporte, o que implica em medidas soberbas do bem-estar do consumidor.

A fim de minimizar alguns possíveis vieses e aprimorar o estado da arte da metodologia de valorar, Hojman *et alii* (2005, p. 378) estimaram valores monetários para uma redução no número de vítimas fatais e gravemente feridas em acidentes rodoviários no Chile, o que tem auxiliado o planejamento de projetos de segurança do transporte em rodovias de países em desenvolvimento. Segundo esses autores, utilizam-se os métodos de valoração contingente e os *trade-offs* do risco-risco quando se está interessado em extrair valores da DAP para evitar acidentes com mortes e ferimentos graves. Para eles, o bem público é a esquiva de uma fatalidade e esse valor é sempre conhecido como o das reduções do risco. A partir dessa premissa, projeta-se o levantamento de roteiros de escolha determinada da preferência de viagens de carro entre cidades.

Para cada um dos destinos fazem-se exames do verdadeiro risco base esperado, utilizando o número de vítimas como variável do risco representado, em vez das probabilidades. Na primeira parte do exame, os respondentes indicam se têm ou não viajado a uma cidade, recebem uma breve explicação do que é considerada uma vítima fatal e uma vítima gravemente ferida; além disso, são informados sobre dados estatísticos do número de ocorrências fatais e de vítimas que se feriram gravemente e sobre o fluxo anual total nas rotas durante o ano de 2002, definindo claramente o cenário de pesquisa (ibidem, p. 380).

Hojman *et alii* (ibidem, p. 382) consideraram quatro variáveis para a experiência de escolha: tempo de percurso, despesa com pedágio, vítimas fatais por ano e vítimas gravemente feridas por ano. Para melhorar a eficiência, buscaram harmonia da utilidade, assumindo um *Modelo de Regressão Logit*. Usaram como parâmetros os valores para o

tempo, o pedágio e os acidentes com vítimas fatais. Além disso, assumiram que o parâmetro para vítimas gravemente feridas por ano era 20% do correspondente às vítimas fatais.

Hojman *et alii* (ibidem, p. 382-383), encontraram valores da DAP do tempo consistentes com os encontrados em estudos anteriores no Chile para todas as rotas de viagem dos entrevistados.¹⁰ O valor encontrado da DAP por reduções de ocorrências fatais foi mais elevado para algumas rotas que para outras, contrariando as expectativas, pois é sabido que algumas são mais perigosas. Porém, conseguiu-se cumprir essa expectativa quando foram retirados os indivíduos com comportamento lexicográfico. Os valores das reduções do risco de acidentes fatais e das reduções do risco de ferimentos graves encontrados são bem mais elevados que os valores atualmente utilizados, com base na aproximação do capital humano. As evidências apresentadas indicam a necessidade da revisão dos atuais valores de segurança para a análise de valoração, pois a robustez das estimativas da DAP pode estar comprometida com o erro de delineamento amostral (ibidem, p. 384).

O *Valor Marginal*¹¹ da segurança, analisado por Gerking *et alii* (1988, p. 185-199), identifica que as preferências dos trabalhadores em relação à segurança são mais bem avaliadas quando os respondentes são inquiridos diretamente sobre o quanto estão dispostos a pagar pela segurança ou a receber, ao abrir mão dela. O aspecto mais relevante observado pelos entrevistados é que os valores contingentes são obtidos em função de pequenas mudanças nos riscos de acidentes fatais.

Os relacionamentos entre os valores marginais da segurança dos respondentes e sua renda são analisados confrontando características socioeconômicas, demográficas, status de união da sociedade e níveis iniciais dos riscos enfrentados. O valor marginal da segurança é estimado com base em valores contingentes obtidos por meio de questionários, orientado ao mercado por meio de uma amostra aleatória (ibidem, p. 185-199).

Portanto, adquirir informações sobre os custos por morte em acidentes de trânsito, além de analisar e comparar os custos com os métodos utilizados para a estimação de valor pode auxiliar nas decisões políticas e contribuir para pesquisas na área de acidentes de trânsito em rodovias. Para tanto, Persson *et alii* (2002, p. 324) enviaram questionários contendo um cenário contingente a diversas pessoas em vários países, com o objetivo de extrair microdados por correspondência. Assim, puderam testar, com o uso da microeconometria, as relações entre as variáveis selecionadas e os elementos de custo.

¹⁰ A importância da DAP, de acordo com Ortúzar (2000), pode ser moderadamente elevada. Uma vez que a posse de veículos no Chile é mais baixa em comparação aos níveis europeus e norte-americanos.

¹¹ O valor da utilidade marginal é o valor, para o consumidor, representado por uma unidade adicional de alguma mercadoria (PINDYCK; RUBINFELD, 1999, p. 96).

O *survey* avaliou os propósitos para a estimação dos custos por acidentes fatais e os elementos de custo neles inclusos, além de buscar informações detalhadas sobre o método utilizado para estimar os diferentes elementos do custo. Para os que responderam aos questionários, os custos por fatalidade em 1990 foram revestidos para as moedas correntes na Comunidade Européia e inflacionados em nível de preço do ano de 1999. Dessa forma, os índices de preço ao consumidor específico dos países, convertidos, possibilitaram a paridade do poder de compra com o dólar americano e a comparação dos custos extraídos dos questionários (ibidem, p. 324).

Define-se, então, a existência de uma distinção entre os três métodos de valoração adotados na pesquisa: o Método do Custo de Restituição (MCR), que representa os custos diretos gerados pelos acidentes; o da Aproximação do Capital Humano (MACH), que mede a perda da sociedade em decorrência de um acidente fatal, baseando-se no futuro potencial produtivo da vítima e o da aproximação da DAP (MADAP), baseada nas preferências indicadas ou reveladas implicitamente pelos indivíduos ou pela sociedade.

Persson *et alii* (ibidem, p. 324) consideraram ter conseguido extrair os valores da DAP de forma adequada e observaram, com o uso da microeconometria, que o custo total por fatalidade adotado pelas autoridades aumentou na maioria dos países entre os anos de 1990 e 1999. O custo total médio aumentou aproximadamente 6 % ao ano, de 0,9 milhão de dólares em 1990 para 1,56 milhão de dólares em 1999. Porém, somente 11 países foram incluídos no estudo, não podendo representar todos os países que adotam estimativas de custo de acidentes em rodovias para investimentos em planejamento de segurança nas autovias (ibidem, p. 330).

Da mesma forma, Miller (2000, p. 169-188) afirma que a redução do risco fatal tem um valor mais baixo nas economias menos desenvolvidas. Entretanto, ele indica que o incremento no custo total por acidente mortal é na maior parte dos casos em razão da mudança no método de avaliação, relação também evidenciada por Elvik (1995, p. 237-247), em uma comparação dos custos econômicos de um acidente fatal de trânsito em 20 países.

Segundo Kidokoro (2004, p. 275), a exemplo dos métodos práticos para estimar os benefícios que correspondem a investimentos nas rodovias, o MVC possui uma predisposição explícita ao acúmulo de *Redes de Transporte*¹². Uma mudança no benefício total de um investimento em infraestrutura no setor de transportes pode ser calculada de três formas distintas: primeiro, somando-se os ECs e dos produtores em todas as rotas; segundo, somando-se os ECs e dos produtores nas rotas envolvidas, mais a perda da carga onerosa em

¹² Denomina-se *Redes de Transporte* o conjunto de rodovias interligadas que visam atingir os pontos mais equidistantes de uma determinada região geográfica (KIDOKORO, 2004).

todas as rotas restantes; terceiro, mudando os benefícios totais da primeira forma, situação que altera a perda da carga onerosa em todas as rotas.

Ao aplicar a terceira forma, o autor demonstra que os benefícios finais de políticas públicas que aliviam distorções são a soma de uma mudança na perda da carga onerosa em todas as rotas. Os resultados teóricos devem ser demonstrados por modelos úteis e ilustrados com exemplos (KIDOKORO, 2004, p. 307).

2.5 Procedimentos Alternativos para Valoração da Segurança no Trânsito

Em Viscusi *et alii* (1991, 32-51) é proposta uma metodologia para medir os valores que os indivíduos atribuem em reduções do risco de morbidez, aplicada à medida dos benefícios de reduzir os riscos de contrair bronquite crônica. Essa metodologia envolve o uso de um programa interativo computadorizado que apresenta aos entrevistados uma série de questões em pares, tal como: “você prefere isto ou aquilo?” Dessa forma, comparações podem ser projetadas individualmente, a fim de medir as taxas de substituições marginais dos respondentes para a redução do risco de bronquite crônica.

Esse método é inovador, visto que mede as taxas dos *trade-offs* para a redução do risco de bronquite crônica em relação ao risco de um acidente fatal de automóvel (*trade-off* do risco-risco), como em dólares (um *trade-off* de risco-dólar). Ainda que gere estimativas para cada indivíduo, essa metodologia pode revelar distribuições de medidas do benefício melhores que simplesmente uma estimativa do meio da população (ibidem, 32-51).

Então, Viscusi *et alii* (ibidem, 32-51), concluem que as taxas resultantes dos *trade-offs* para bronquite crônica e riscos fatais em acidentes sugeriram que o risco de uma bronquite crônica significa 32% do risco comparável à morte, como medido pela taxa mediana do *trade-off*. Quando a redução do risco para bronquite crônica é comparada ao custo do aumento de vida, a taxa mediana do *trade-off* é de US\$ 457 mil, visto que a comparação entre reduções dos riscos fatais em acidentes e os aumentos do custo de vida renderam uma taxa mediana de um *trade-off* de US\$ 2,29 milhões. Os resultados por meio de diferentes *trade-offs* do risco-risco e do risco-dólar eram internamente consistentes.

Entretanto, para McDaniels (1992, p. 187-200), o incremento e a perda de fatores de segurança tem no MVC o objetivo de estimar a DAP em decorrência de um aumento de itens de segurança e a perda de segurança para um mercado hipotético. Os resultados indicam a existência de diferenças entre os preços que os consumidores estão dispostos a pagar por um veículo que tenha ou não equipamentos de segurança. Esses resultados também podem ser

modificados a partir de mudanças nos preços de referência ou nos preços de partida, usados para eliciar os valores.

Anos mais tarde, Persson (2001, p. 117-128) utilizou-se de dois estudos conduzidos na Suécia para comparação entre três diferentes métodos para estimar valores da qualidade de vida relacionada à saúde: o MVC, o *trade-off* do risco-risco e o padrão de assumir um risco. Os equivalentes do risco de morte para uma típica incapacitação e um ligeiro ferimento no trânsito foram calculados para cada método, a fim de permitir comparações. As estimativas da valoração contingente estavam na direção dos resultados de alguns estudos empíricos mais antigos (MCDANIELS, 1992, p. 187-200), enquanto as estimativas do padrão de assumir um risco foram substancialmente mais elevadas que o *trade-off* do risco-risco e as estimativas da valoração contingente. Persson (2001, p. 117-128) conclui que as disparidades podem se referir à polarização do ponto de referência, embora diversos outros problemas com o projeto em estudo possam também fazer esse papel.

Foi bastante difundido o modelo *logit* como técnica para análise de dados de pesquisa em estudos de valoração contingente envolvendo acidentes de trânsito. Hensher e Sullivan (2003, p. 139) desenvolveram o mesmo método na avaliação de duas características de projetos de rodovias: suavidade das curvas e tipo de rodovia (número de faixas e presença / ausência de uma intermediária). Essas características estão relacionadas à segurança da rodovia, fornecendo informações de quanto os indivíduos estão dispostos a pagar para reduzir a exposição ao risco de dirigir sob essas condições de curvatura e tipo de rodovia.

Os pesquisadores se interessam, em geral, pela influência do tipo de rodovia e, em particular, pela suavidade das curvas na provisão de benefícios de um usuário adicional, especialmente benefícios com dimensão de segurança. Entretanto, para avaliarem o desconforto marginal relativo das variações na suavidade e do tipo de curva das rodovias, identificando seu potencial correlacionado com o tempo de percurso e o custo do percurso, fez-se necessário desenvolver uma estrutura empírica suficientemente rica para separar a contribuição independente de cada influência na escolha, denominada *Escolha Declarada* [(SÆLENSMINDE, 1999, p. 14) e (HENSHER; SULLIVAN, 2003, p. 139)].

Um experimento de *Escolha Declarada* permite variar sistematicamente combinações dos níveis de cada atributo para revelar novas oportunidades relativas às combinações existentes dos tipos de custo do tempo em função da curvatura das rodovias. A pesquisa foi realizada ao final do ano 2000, amostrando motoristas em cinco cidades da Nova Zelândia. Foram estimados modelos mistos de *logit* separadamente para motoristas de carro e de

caminhão. O referido estudo forneceu novas evidências na DAP desses motoristas para melhorias nas rodovias, como descrito pela suavidade das curvas e o tipo de rodovia. As melhorias nos projetos rodoviários, especialmente com a providência de pistas adicionais e a reforma das rodovias existentes, criam benefícios adicionais de uso àqueles tradicionalmente afetados diretamente pelo tempo de percurso salvo (HENSHER; SULLIVAN, 2003 p. 154).

Para Iragüen e Ortúzar (2004, p. 513), por sua vez, a estimativa da DAP para reduzir o risco de acidentes fatais em áreas urbanas deve ser realizada a partir de microdados de preferências declaradas com uso da microeconometria. Isso porque os acidentes de trânsito causam incidentes com efeitos diretos e sequelas em longo prazo, afetando não apenas os envolvidos diretamente, mas a sociedade como um todo. Os autores escolheram conduzir o experimento de preferência declarada da escolha da rota urbana utilizando a internet. Sua utilização implica em diversas vantagens, tais como: não precisar pagar entrevistadores, poder mostrar imagens, fotografias ou sons e não precisar perder tempo na digitação das respostas. No entanto, existem desvantagens, sendo a principal delas a restrição da tendência da amostra às pessoas que possuem acesso à internet (ibidem, p. 514). Isso mostra que a melhor maneira de se utilizar um questionário de valoração contingente é inquirindo as pessoas diretamente, mesmo porque essa técnica evita o viés da escolha do tamanho da amostra feita por critérios espúrios.

Os referidos pesquisadores selecionaram três variáveis para o experimento: o tempo de viagem, o custo dessa viagem e alguma indicação do nível de risco. Os questionários respondidos de forma completa foram predominantemente do gênero masculino (63%). Outros dados relevantes são: 59% dos respondentes não têm crianças menores de 18 anos de idade e 77% da amostra sempre usam o cinto de segurança (ibidem, p. 515). Foram estimados, primeiramente, modelos de *logit* Multinomial com funções de utilidade lineares e não-lineares; em seguida foram incorporadas variáveis adicionais e, em última análise, foram consideradas as estimações dos modelos mistos de *logit* (ibidem, p. 517-520). A primeira conclusão metodológica é que o experimento de preferência declarada proposto nessa pesquisa estava apto para capturar adequadamente as preferências individuais, apesar de sua complexidade. Concluiu-se ainda que o levantamento pela internet tornou-se bastante promissor. Além disso, concluiu-se que as estimativas da DAP nas classes dos modelos utilizados não apresentaram variações significativas e que eram adequados os valores estimados para a redução de acidentes. Eles (ibidem, p. 520) sugerem que o método para estimação dos valores para uso em projetos de avaliação venha da estimação dos modelos mistos de *logit*, desde que completem com êxito o melhor ajuste dos dados. Recomendam,

ainda a utilização do valor de US\$ 0,04 por acidente, que é aproximadamente compatível com o valor de prevenção de uma fatalidade estatística.

2.6 O Valor Estatístico da Vida

As estimativas de Thaler e Rosen (1976) da DAP e da DAR por mudanças nos riscos de perda da vida podem ser deduzidos do comportamento real nas situações de mercados que envolvam *trade-offs* do risco-dólar. Atkinson e Halvorsen (1990, p. 133-136), utilizando técnicas hedônicas de regressão, teoria segundo a qual o comportamento humano é motivado pelo desejo de prazer e pelo de evitar o desprazer, obtiveram estimativas do valor de uma *Vida Estatística* com dados do mercado trabalhador. Foi estimado, em valores de 1986, que o valor de uma Vida Estatística para a amostra era de US\$ 3,35 milhões.

De acordo com Viscusi (1993, p. 1912-1946), o valor definido da vida pode ser considerado como um elemento essencial da análise custo-benefício para guiar a política pública nas áreas de regulamento e de investimento na saúde e na segurança, embora conservar uma vida fosse considerado frequentemente um imperativo moral para o qual não caberia nenhum valor monetário. A prevenção de cada morte acidental possível seria intoleravelmente cara em termos de dinheiro e de qualidade de vida.

O termo “valor de uma Vida Estatística” é usado extensamente para enfatizar que, o valor está colocado não em uma vida particular, mas nas medidas de segurança que reduzem o número previsto estatisticamente de fatalidades acidentais. O valor da vida é identificado tanto com conceitos de justiça quanto com medida empírica. A idade, a saúde, a renda, o tipo específico de risco, tudo pode influenciar uma estimativa empírica (VISCUSI, 1993, p. 1912-1946).

Alguns métodos são empregados para reduzir riscos à vida. Talvez, o mais comum para Viscusi (ibidem, p. 1912-1946) seja o do salário-risco: os prêmios do salário que devem ser pagos para induzir trabalhadores a aceitar o emprego que contém mais riscos. Uma segunda categoria de estudos inclui vários formulários de comportamento do consumidor, tais como a vontade de aceitar o custo ou a inconveniência na troca para melhorias de segurança dos fumantes, das correias de assento do automóvel, dos capacetes da bicicleta etc. O terceiro são técnicas que confiam em respostas verbais às perguntas hipotéticas com cuidado estruturado (SCHKADE; PAYNE, 1994, p. 90). Essas técnicas ainda estão sendo aprimoradas e um número de prescrições foi desenvolvido para ir ao encontro às polarizações e às inconsistências nas respostas (VISCUSI, 1993, p. 1912-1946).

Dreyfus e Viscusi (1995, p. 79-105), usando de técnicas mais sofisticadas, estimaram modelos de preços para automóveis usando uma série de dados de quase 3 mil casas do exame do Departamento de Transporte de Energia Residencial e Consumo de Energia dos Estados Unidos. Os modelos microeconômicos padrões são generalizados para reconhecer o papel de descontar da eficiência do combustível e da segurança, rendendo uma taxa estimada da preferência no tempo, que varia de 11% a 17%. Essa escala inclui a taxa de interesse para empréstimos de carro em 1988 e é, conseqüentemente, consistente em relação às taxas de mercado. Os compradores exibem um valor implícito da Vida Estatística que varia de US\$ 2,6 a US\$ 3,7 milhões, o que está de acordo com a escala encontrada no mercado de trabalho, como em outros contextos desse mercado. O modelo de distribuição aleatória estima ainda um efeito significativo do preço para o risco de autoferimento e de eficiência do combustível (DREYFUS; VISCUSI, 1995, p. 79-105).

Os custos dos acidentes, compreendendo danos fatais e não-fatais, são parte fundamental dos custos externos do trânsito. Segundo Despontin *et alii* (1998), a União Européia (UE) utiliza o valor de um milhão de euros por vida humana em análises de custo-benefício da segurança. Isso é geralmente mencionado como a “regra de um milhão de euros”. O uso desse valor específico implica que uma medida política ou um projeto que conduz à redução de uma morte por acidente resulta na diminuição de oito acidentes graves, 26 ferimentos superficiais e 211 acidentes com prejuízos financeiros. O teste do “um milhão de euros”, entretanto, não leva em consideração a DAP para evitar a dor e o sofrimento, ou seja, os valores abstratos. Vale ressaltar que estudos de valor da vida referem-se ao valor de uma Vida Estatística e que alterações no nível do risco implicam em mudanças no número de vidas estatísticas conservadas, o que pode ser determinado por um valor econômico.

Para Despontin *et alii* (1998), há discordância entre os economistas a respeito de uma estimativa apropriada do valor de uma Vida Estatística. Isso realça a dificuldade de estabelecer-se um consenso entre os formuladores de políticas públicas. Por exemplo, Carthy *et alii* (1999, p. 188) estimaram o valor da Vida Estatística baseado na DAP para riscos nas rodovias usando uma aproximação em vários estágios que envolvem técnicas de “encadear junto”, respostas à valoração contingente e às perguntas padrão de assumir um risco. A análise racional para empregar uma aproximação em vários estágios deve romper o padrão bem-estar / risco do *trade-off* de morte para um baixo número de etapas conceituais controláveis, tentando, desse modo, atenuar as várias polarizações que parecem ser difundidas nas respostas para questões mais diretas da valoração contingente no campo da saúde e da segurança.

Usar o formato modificado do padrão de assumir um risco preferivelmente, (por exemplo, os tipos de perguntas do *trade-off* marginal do risco-risco discutidos em Viscusi *et alii*, 1991, p 32-51), é uma reflexão sobre o fato de que eles tiveram vasta experiência com a administração de avaliações usando perguntas do padrão de assumir um risco. Além disso, haviam encontrado resultados que não exibiam polarização ou anomalia óbvia. Entretanto, em Persson *et alii* (2001, p. 121) a análise da sensibilidade da DAP à provável variação na segurança indica que, em estudos futuros, avaliar reduções do risco do tráfego nas rodovias, o valor do risco absoluto e considerar as reduções relativas do risco deve estar em uma escala perceptível.

Além do mais, deve ser possível para os respondentes compararem os valores de diferentes reduções do risco. O valor da segurança corresponde ao conceito de valor de uma Vida Estatística e pode ser medido pela aproximação da DAP. Um método de estimar os valores baseados na DAP pela segurança é o MVC, que deve envolver uma amostra representativa da população disposta a pagar por uma redução hipotética do risco (*ibidem*, p. 122).

O valor de uma Vida Estatística no contexto do tráfego de rodovias é estimado examinando-se a relação entre a DAP individual, para uma redução marginal no risco de vir a óbito em um acidente de trânsito, e a redução deste risco. A lei de diminuir retornos marginais sugere que a relação entre a DAP e a redução absoluta do risco não deve ser linear. Isso implica que o valor de uma Vida Estatística será completamente elevado em pequenas reduções absolutas do risco e diminuirá, substancialmente, quando a redução absoluta do risco é elevada, mesmo que a DAP aumente.

Para testar se os resultados de valoração contingente estão de acordo com as expectativas da teoria econômica, Persson *et alii* (*ibidem*, p. 131) executaram dois testes simples de validade. Primeiro, rendas mais elevadas foram associadas com DAPs igualmente mais elevadas. Segundo, a DAP foi associada positivamente ao valor de redução do risco; se esse for o bem desejado (acreditando-se que seja), é provável que haja declínio da utilidade marginal de unidades adicionais. Isso foi confirmado por meio de estudos das análises de regressão com microdados. Concluiu-se que os métodos para informar mudanças no risco necessitam de melhorias e rigorosas verificações de validade para serem incluídas nos estudos de DAP indicados para reduções do risco.

A perda de uma Vida Estatística, obviamente, implica em custos. Conforme indicam Blaeij *et alii* (2003, p. 973), esses custos para os acidentes são significativos para os custos externos totais do tráfego; além disso, uma proporção substancial desses custos deve ser

relacionada aos acidentes fatais. Para tanto, a técnica da meta-análise para determinar as variáveis que explicam a variação nas estimativas desse valor foram relatadas na literatura da área. Os pesquisadores mostraram que a importância das estimativas de valor de uma Vida Estatística depende da aproximação de avaliação do valor e, para os estudos de valoração contingente, também do tipo de pagamento pelo veículo.

Blaeij *et alii* (ibidem, p. 973) entendem que as estimativas do valor de uma Vida Estatística não podem ser calculadas pela média de outros estudos. A importância do valor de uma Vida Estatística está intrinsecamente ligada ao nível inicial do risco de se envolver em um acidente fatal no trânsito e ao declínio do risco subentendido pela melhora na infraestrutura viária.

A meta-análise é uma metodologia para a avaliação sistemática das diferenças entre resultados de estudos empíricos, bem como compreende uma vasta disposição de técnicas estatísticas. Blaeij *et alii* (ibidem, p. 976) incluíram na meta-análise a distinção entre a valoração pública e a privada, que é uma das potenciais causas sistemáticas para a variação em estimativas de valor de uma Vida Estatística. Nos últimos 20 anos, a meta-análise transformou-se em ferramenta padrão de muitas ciências experimentais por sua natureza estatística, além de estar sendo usada cada vez mais na economia, especialmente nos recursos econômicos ambientais e naturais.

Um aspecto básico da série de dados obtidos por Blaeij *et alii* (ibidem, p. 979) relaciona-se à homogeneidade de valores das vidas estatísticas com os diferentes grupos das estimativas. Foram caracterizados diferentes grupos de acordo com, por exemplo, a segurança particular e a pública, a DAP ou a DAR, as preferências indicadas ou reveladas, o meio de pagamento e a forma de extração. A teoria econômica sugere que valores de Vidas Estatísticas baseadas na valoração de bens privados sejam mais elevados por causa do problema do *free rider* inerente aos bens públicos.

As medidas de segurança podem ser concernidas, segundo Blaeij *et alii* (ibidem, p. 980), com o veículo, a estrada ou o comportamento. Pode-se esperar que pessoas prefiram os dispositivos de segurança que fazem o veículo mais seguro sem a necessidade de adaptar o comportamento, superior a ações que implicam em ajustes comportamentais ou das medidas de política em que os benefícios têm um caráter de bem público, tais como melhorias nas rodovias.

Os resultados da metarregressão para as amostras confirmam que os estudos baseados na avaliação do custo por vida têm valores de Vidas Estatísticas significativamente mais baixos. Além disso, mostram que o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* tem impacto

significativo em valores de Vidas Estatísticas. Porém, não foram encontradas diferenças significativas relacionadas aos impactos dos níveis reais do risco empírico nos valores de Vidas Estatísticas, visto que a análise teórica implicava em tal impacto (*ibidem*, p. 982).

Alberini *et alii* (2004, p. 769-770) fornecem uma avaliação empírica dos efeitos da idade e da saúde na DAP para reduções do risco de mortalidade, descrevendo os resultados de dois exames de valoração contingente: um aplicado no Canadá e outro, uma amostra nacional de residentes dos Estados Unidos. Em análises de custo-benefício de programas ambientais em que reduções na mortalidade prematura são avaliadas pelo que as pessoas pagariam por ela, há considerável controvérsia a respeito da necessidade de variação da DAP para reduções do risco de mortalidade de acordo com o fator idade e a condição de saúde de pessoas que tenham suas vidas prolongadas. A resposta a essas questões tem, para as políticas públicas, implicações fundamentais: de acordo com estudos epidemiológicos, a maior parte das vidas estatísticas salvas por programas ambientais parece ser a vida de pessoas mais velhas e de pessoas com saúde cronicamente danificadas (*ibidem*, p. 769-770).

Os respondentes para ambos os exames foram limitados a pessoas com idade acima dos 40 anos, para examinar o impacto da idade na DAP. Encontrou-se, utilizando as respostas da DAP e aquelas a respeito das histórias de saúde do próprio respondente e de sua família, fraca sustentação para a noção de que a DAP declina com a idade e apenas para os respondentes mais velhos, com 70 anos ou mais (*ibidem*, p. 769-770).

2.7 A Sustentabilidade nas Rodovias

Tendo em vista o alto valor de sua manutenção, o conceito de sustentabilidade no trânsito refere-se ao uso das rodovias hoje, sem, contudo, comprometer seu uso futuro. Implica, objetivamente, em usar a infraestrutura viária, não lhe causando estragos ou danos permanentes, de forma a garantir suas condições sustentáveis junto aos usuários. A sustentabilidade no trânsito pode ser avaliada quando da aplicação de questionários em que, supondo-se um aumento no preço da gasolina, o entrevistado deva responder como se enquadra sua demanda por esse combustível quanto a sua decisão de milhagem, adicionando aos questionamentos informações socioeconômicas e demográficas (SIPES; MENDELSON, 2001, p. 299-309).

A partir dos microdados analisados, os resultados evidenciam que os grupos de menor renda e de famílias com mais veículos são mais sensíveis a aumentos de preço da gasolina, sugerindo influência de variáveis socioeconômicas. Famílias com maior número de

integrantes são mais sensíveis a aumentos de preço da gasolina, sendo as mudanças em longo prazo, no consumo, influenciadas por renda, tamanho da família e raça (ibidem, p. 299-309).

A poluição advinda ou não dos acidentes de trânsito são insatisfatórias. Com o surgimento de uma piora visível na qualidade do ar em Oxford, no Reino Unido, Graham (2004, p. 419-436) avalia a relevância da aproximação das políticas da cidade para a gerência da qualidade do ar, levando em conta o nível de Óxidos de Nitrogênio (N_xO_y) que são emitidos pelos inúmeros veículos com motores movidos a diesel, notoriamente os ônibus, um particular problema de saúde pública. O transporte público é visto como vulnerável a partir de um registro bem-sucedido que promove o seu uso e exerce controle sobre o tráfego. Conclui-se que problemas similares às más condições do ar podem afetar a logística dos transportes, concentrando mais ônibus em outras áreas urbanas. O autor recomenda uma mudança tecnológica na frota dos veículos, como medida necessária para atenuar as emissões de N_xO_y no ar. As investigações feitas pelo pesquisador confirmam a importância de se assegurar que as estratégias do transporte sustentável sejam inteiramente holísticas buscando um entendimento integral entre seus objetivos e resultados políticos (ibidem, p. 419-436).

Em pesquisa realizada nas proximidades de Sapporo, no Japão, Asano *et alii* (2002, p. 84-93) incluíram quatro importantes metrópoles e três cidades de menor porte para avaliar os efeitos da criação de espaços designados a pneus usados como “áreas restritas a pneus espalhados”. Foram avaliados os efeitos econômicos dessa pesquisa, no período de 1990 a 2000. Foram avaliados ainda os efeitos da criação da área de estocagem de pneus em relação ao meio ambiente e para os serviços de transporte. Os pesquisadores utilizaram o MVC para a avaliação dos impactos ambientais, cujos efeitos foram analisados usando-se uma matriz de incidência de benefícios. Em consequência de uma lei que regulamenta pneus espalhados, constatou-se uma diminuição drástica na prática de jogar pneus usados às margens das rodovias e um decréscimo considerável na taxa de particulados de poluição suspensa no ar.

Concluiu-se que o uso de áreas próprias para estocagem de pneus espalhados gerou efeitos positivos, tais como melhorias na qualidade do ar, no ambiente às margens das rodovias para residentes e pedestres e redução das despesas com manutenção das rodovias. Consequentemente, espera-se também futura redução no número de acidentes de trânsito, provando que educação e melhoras tecnológicas ainda são preferíveis a multas e outras taxações.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

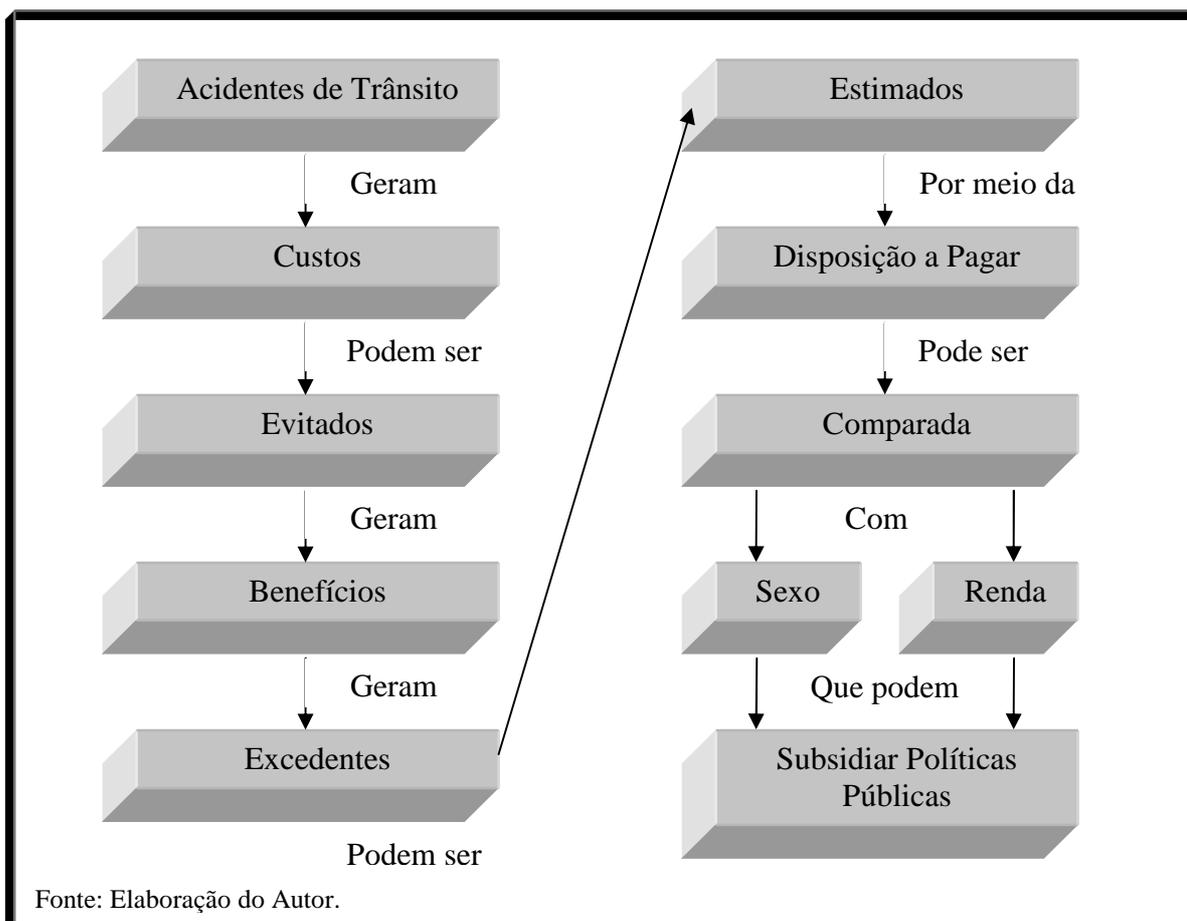
Este trabalho fez parte de um projeto maior, desenvolvido em conjunto entre IPEA e Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), intitulado “Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras”. Esse estudo foi o primeiro a utilizar-se da distribuição de Poisson para dados de DAP. Assim, buscou-se uma forma simplificada de estimá-la, tendo em vista que essa não segue o padrão de uma distribuição Normal.

A experiência bem sucedida desse estudo assegura que pesquisas futuras com uso da máxima DAP possam ser realizadas com mais eficiência e eficácia, se usado o modelo de distribuição proposto. Porém, espera-se poder comparar esse tipo de distribuição com outras, tais como: Binomial, Normal Inversa, Gama, Poisson Composto e Poisson Inflacionado de Zeros, a fim de obter melhores estimadores.

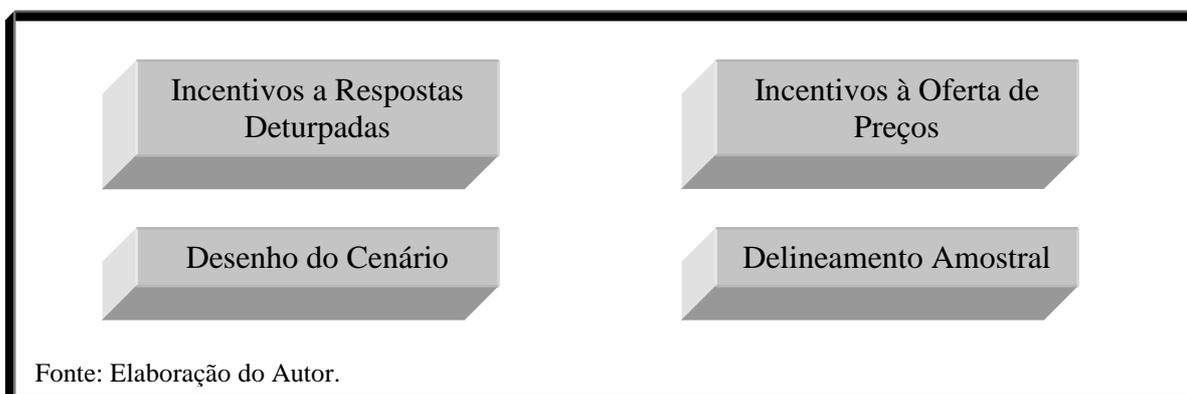
3.1 Materiais e Métodos da Pesquisa

Os materiais utilizados na pesquisa foram coletados de diversas formas, em âmbitos relacionados a acidentes de trânsito, quais sejam: material bibliográfico nacional e internacional; boletins de ocorrência de eventos de acidentes; banco de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF), Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), Departamentos Estaduais de Trânsito (DETRANs), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), Confederação Nacional dos Transportes (CNT), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação e o Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via internet, denominado ALICE-Web, da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Como técnica de apoio para a tomada de decisão, o MVC foi utilizado com o objetivo de estimar os valores de máxima DAP que os indivíduos declaram para evitar os riscos da ocorrência de mais um acidente de trânsito. Essa estimativa permitiu fazer diversas comparações entre as DAPs médias de homens e mulheres, suas rendas e variações de um Estado da Federação para outro (**Quadro 1**).

Quadro 1 – Fluxo dos Benefícios dos Acidentes de Trânsito Evitados

O instrumento mais comumente utilizado para a avaliação da percepção da DAP é o questionário. Esse instrumento também possibilita a aplicação do MVC, cuja finalidade é a construção de um mercado hipotético para bens e ou serviços que não tenham cotação nos mercados convencionais. Não obstante, a literatura tem recomendado que cuidados metodológicos na formatação desse suposto mercado devam ser avaliados com cautela, já que o MVC apresenta diversos vieses, conforme mostra o **Quadro 2**, a seguir.

Quadro 2 – Potenciais Vieses Relatados ao MVC

A literatura especializada tem indicado uma série de advertências e de alternativas para o uso do MVC. A fim de minimizar esses desvios, Arrow *et alli* (1993) propõem que, em estudos contingentes, sejam observadas algumas orientações. Primeiro, a amostra deve retratar o comportamento da população e seu tamanho deve atender aos princípios de técnicas de amostragem. Segundo, precauções devem ser tomadas a fim de que ausências de respostas tornem os resultados contingentes não fidedignos, pois fogem ao escopo do delineamento amostral.

A amostra foi selecionada de forma aleatória, de modo que os eventos fossem equiprováveis, isto é, tal que qualquer indivíduo da população tivesse a mesma probabilidade de ser escolhido. Como a pesquisa não envolvia a estratificação para cada Estado da Federação e o indicado era captar a DAP marginal para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito nas rodovias federais do Brasil, optou-se por escolher uma amostra de n elementos de uma população estatística de N acidentes.

Assim, foram sorteados 280 acidentes de trânsito, nos principais estados do Brasil e em todas as regiões geográficas, de modo que os resultados pudessem captar as características de interesse para a estimativa do MVC. O período da pesquisa foi definido entre o segundo semestre de 2004 e o primeiro de 2005, após a finalização do banco de dados do DENATRAN. Com a adequação do questionário¹³, a amostra de pessoas envolvidas nesses acidentes foi escolhida para participar de enquete sobre suas percepções quanto à ocorrência de acidentes de trânsito.

Conforme Arrow *et alli* (ibidem) cuidados específicos devem ser tomados no intuito de minimizar os efeitos do entrevistador na predisposição dos respondentes. Os resultados da pesquisa devem conter dados estatísticos sobre a DAP dos entrevistados e deve optar-se pelo conservadorismo. Para esses autores (ibidem), é preferível à análise da DAP à da DAR, o que foi devidamente efetuado.

Ainda de acordo com Arrow *et alli* (ibidem), as entrevistas face a face são mais recomendadas do que as realizadas via postal e telefônicas. Segundo os referidos autores, essas técnicas apresentam baixas taxas de retorno dos questionários, apesar do baixo custo de logística. Não obstante, constatou-se, por meio de pesquisa piloto, que as entrevistas efetuadas por telefone obteriam resultados semelhantes às realizadas face a face. Isso tornou a coleta de dados mais barata e possibilitou a realização de um número maior de entrevistas.

¹³ Conforme **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA**.

Com os fundamentos do MVC, um questionário foi desenhado e devidamente testado, do qual participaram pessoas que haviam se envolvido direta ou indiretamente com acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. Contudo, selecionar uma amostra contendo apenas pessoas envolvidas em acidentes de trânsito para estimar a DAP pela redução de risco desses acidentes, muito provavelmente levaria a uma avaliação tendenciosa, se extrapolada para toda a população. Portanto, decidiu-se entrevistar não apenas condutores, mas, também, pedestres, passageiros, proprietários de veículos automotores, proprietários de carga e parentes de vítimas fatais ou menores envolvidos nos referidos acidentes.

Foi detectado ainda que a qualidade da pesquisa ficaria prejudicada pelo número elevado de perguntas sugeridas na pesquisa piloto. Sendo assim, a pesquisa sobre a DAP foi simplificada com a redução do número de questões propostas. Desta forma, as entrevistas focaram o problema proposto, assegurando a qualidade das respostas. Portanto, o viés do ponto inicial foi devidamente eliminado quando se optou por determinar categorias de DAP baseadas nos valores pagos no Imposto sobre a Propriedade de Veículos Automotores (IPVA) envolvidos nos acidentes.

No questionário havia perguntas relacionadas a fatores socioeconômicos, à avaliação de quesitos constantes nas rodovias e à importância para investimentos: pavimentação, sinalização, pontos de apoio (postos policiais e de abastecimento, borracharias, hotéis etc.), conservação e manutenção geral das rodovias e educação para o trânsito e à ordem de importância para investimentos na segurança do trânsito nesses quesitos. Além disso, o referido questionário continha uma questão sobre a principal indagação da DAP.

O cenário de pesquisa para captar a percepção da máxima DAP foi desenhado de modo que os entrevistados tivessem total acesso às reais consequências de um acidente de trânsito. Aos que se declararam não dispostos a pagar, foram solicitadas justificativas. Na pesquisa foram incluídas questões que puderam ser cruzadas com a principal indagação – DAP – incluindo idade, sexo, renda mensal, estado civil, situação empregatícia, nível de instrução, número de filhos, relação do entrevistado com o acidente e atitudes em relação às rodovias e ao meio ambiente.

3.2 Modelos Lineares Generalizados

Segundo Vieira (1997), os modelos probabilísticos utilizados para ajustar Modelos Lineares Generalizados (MLG) em geral pertencem à *Família Exponencial*. São alguns membros dessa família: a distribuição Normal, a Binomial, a Poisson, a Normal Inversa e a

Gama, dentre outras. Outra família de distribuições probabilísticas que pode ser utilizada com os MLGs é a denominada *Modelos de Dispersão*, proposta por Jørgensen (1987 e 1996).

Entretanto, uma sub-família desses *Modelos de Dispersão* é a *Família Tweedie* de distribuições, proposta por Tweedie, em 1947. Alguns modelos que pertencem a essa família são: a distribuição Normal, a Poisson, a Gama e a Poisson Composta. Logo, a Família *Tweedie* está dentro da família denominada *Modelos de Dispersão* e essas apresentam sobreposição com a *Família Exponencial*.

O modelo de Poisson Composto possui um excesso de zeros para variáveis aleatórias contínuas. Modelos probabilísticos inflacionados de zeros existem para o caso contínuo e para o caso discreto. Existe também o modelo Poisson Inflacionado de Zeros para proporções e contagens inflacionadas de zeros, respectivamente. Esse último é, na realidade, uma mistura de distribuições e não pertence a nenhuma dessas famílias (VIEIRA, 1997).

Na visão de Russo (2002), muitos experimentos introduzidos por Nelder e Wedderburn (1972) envolvem variáveis que não apresentam uma distribuição Normal. Então, os MLGs surgem como uma alternativa para os métodos tradicionais de análise de dados que necessitam de transformações. Eles são responsáveis por generalizar o modelo tradicional de regressão linear, permitindo opções para a distribuição da variável resposta e flexibilizando a ligação entre a parte sistemática (vetor com parâmetros desconhecidos no modelo) e a parte aleatória do modelo de regressão.

Seguindo esse raciocínio – e como não se pode tomar o logaritmo de uma variável porque ela pode assumir valores iguais a zero – um método eficaz seria modelar o valor esperado como uma função exponencial. Como essa função é sempre positiva, entende-se que os valores previstos da variável resposta também serão positivos. Embora seja mais complexa que em um modelo linear, a interpretação dos coeficientes fica facilitada, de forma que o *log* do valor esperado seja linear (WOOLDRIDGE, 2006).

A idéia básica é estimar os parâmetros de um modelo linear usando-se o *Método da Máxima Verossimilhança*¹⁴ baseado na distribuição dos dados. Os MLGs para uma amostra de *n* observações de uma única variável resposta *y* têm três componentes. No *componente*

¹⁴ O princípio da *Máxima Verossimilhança* é avaliar a probabilidade de que um determinado modelo de mudanças evolutivas possa explicar a origem dos dados observados. O objetivo da *Máxima Verossimilhança* é inferir a história ou o conjunto de histórias evolutivas consistentes em relação aos dados estudados. Para a aplicação da *Máxima Verossimilhança*, é necessário que um modelo concreto de mudanças evolutivas que leve à conversão de uma sequência em outra seja especificado. Sumarizando, na metodologia de *Máxima Verossimilhança*, os modelos de mudanças evolutivas são avaliados quanto a sua probabilidade de explicar um conjunto de dados de forma a refletir a história evolutiva mais próxima da realidade, ou seja, a história mais “verossímil”. Nessa avaliação, os modelos recebem valores de verossimilhança; aquele que apresentar o melhor valor é o que será utilizado para inferências (WOOLDRIDGE, 2006).

aleatório, a variável resposta é independente e segue uma distribuição que pertence à *Família Exponencial* padrão; neste caso, os componentes de y têm distribuições normais independentes com $E(y) = \lambda$ e variância σ^2 . No *componente sistemático*, as variáveis explanatórias ou explicativas dão origem a um vetor de preditores lineares. O *componente função de ligação*, que faz a relação entre o componente aleatório e o sistemático por meio de uma função monótona e diferenciável, liga a média da variável resposta ao preditor linear (RUSSO, 2002).

Para Cordeiro (1986) apud Russo (2002) um MLG é completamente especificado quando tem definido o preditor linear (contendo as variáveis independentes), a distribuição de probabilidade da variável resposta e a função de ligação. Assim, a *componente sistemática* admite a existência de uma função de ligação entre as médias das observações e a estrutura linear do modelo. Logo, o uso da função de ligação *log* assegura que os valores ajustados permanecem no intervalo $[0, \infty)$. O modelo de Poisson com ligação *log* é algumas vezes denominado de modelo *log-linear* (RUSSO, 2000).

De acordo com McCullagh e Nelder (2000), transformando a função de ligação *log*, obtêm-se a seguinte expressão para a variável resposta:

$$\lambda = E(y | x_1, x_2, x_k) = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \Lambda + \beta_k x_k} \quad (3.1)$$

onde βx_i^T é o preditor linear, $\beta = (\beta_1, \Lambda, \beta_k)^T$ é o vetor de parâmetros desconhecidos a serem estimados e $x_i = (x_{i1}, \Lambda, x_{ik})^T$ representa os valores de k variáveis explicativas.

A formatação comumente usada para modelar o parâmetro λ_i é a de um modelo *log* linear, tal que: $\ln \lambda_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \Lambda + \beta_k x_k$, em que o número esperado de eventos é dado por: $E(y | x_1, x_2, x_k) = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \Lambda + \beta_k x_k}$. Desta forma, como a exponencial é sempre positiva, isso garante que os valores esperados de y também sejam positivos. Como o $\log [E(y | x_1, x_2, x_k) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \Lambda + \beta_k x_k]$, e usando-se as propriedades de aproximação da função *log*, tem-se que: $\% \Delta E(y | x) \approx (100 \beta_i) \Delta x_i$, isto é, $(100 \beta_i)$ é aproximadamente a porcentagem de mudança em $E(y | x)$, dado um aumento de uma unidade em x_i [(WOOLDRIDGE, 2006) e (GREENE, 2003)].

Segundo Wooldridge (ibidem) é possível ainda também ponderar de maneira semelhante ao modelo linear, se β multiplica $\log(x)$, então, β é uma *elasticidade*¹⁵. Logo os coeficientes da equação 3.1 podem ser interpretados como se fosse um modelo linear, com $\log(y)$ como a variável dependente. No entanto, aquela equação é não linear em seus parâmetros; dessa forma, a exponencial é uma função não linear; portanto, não é possível utilizar-se de métodos de regressão linear.

Outra possibilidade seria utilizar-se de Mínimos Quadrados Não-Lineares (MQNL), os quais como ocorrem com os Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), minimizam a soma dos resíduos quadrados. O problema é que todas as distribuições de dados de contagem contêm heterocedasticidade, e os MQNLs não exploram isso. Porém, o melhor ajuste é feito por meio da *Máxima Verossimilhança* e o método relacionado é conhecido como estimação de *Quase-Máxima Verossimilhança*.

Como uma variável de contagem não pode ter uma distribuição Normal, principalmente se o número de observações for pouco, a distribuição pode ser muito diferente da Normal. Em vez dela, a distribuição de dados de contagem é a distribuição de Poisson. Como o empenho está no efeito das variáveis explicativas sobre a variável dependente, então a distribuição de Poisson é condicional em \mathbf{x} . A distribuição de Poisson é inteiramente determinada por sua média, de modo que é preciso apenas especificar $E(y|x)$ e assumir que ela tem a mesma forma da equação 3.1 (WOOLDRIDGE, 2006).

3.2.1 Deviance e Seleção do Modelo

A distribuição que mede as condições para um bom ajustamento em um modelo de dados de contagem é chamada de *Deviance*. Entretanto, segundo Wooldridge (2006) essa distribuição é desconhecida. Então, pode-se supor que a distribuição da *Deviance* aproxima-se de uma distribuição Qui-quadrada (χ^2), mas tal aproximação não é adequada a pequenos tamanhos de amostra.

Para Costa (2003), “o ajuste de um modelo a um conjunto de dados observados \mathbf{y} pode ser considerado como uma maneira de se substituir \mathbf{y} por um conjunto de valores estimados $\hat{\boldsymbol{\mu}}$ para um modelo com um número de parâmetros relativamente pequeno. O modelo mais simples, denominado *Modelo Nulo*, tem apenas um parâmetro, representando um $\boldsymbol{\mu}$ comum

¹⁵ A *elasticidade* mede o grau de sensibilidade das preferências das pessoas em relação a mudanças nas variáveis econômicas. Dessa forma, o logaritmo da quantidade de uma variável varia à medida que o logaritmo da DAP varia, *ceteris paribus* (VARIAN, 2006).

para todos os y ; o modelo saturado tem n parâmetros, um por observação. O modelo saturado atribui toda variabilidade dos y ao *componente sistemático* e é, portanto, não-informativo.

A *Deviance* é conhecida como o ajuste de um modelo a um conjunto de dados, o qual pode ser medido pelo excesso do valor do logaritmo da função de verossimilhança do modelo corrente sobre o valor do logaritmo da função de verossimilhança do modelo saturado, maximizada para um valor fixo de dispersão (ibidem).

3.2.2 Superdispersão e Subdispersão

Conforme Hinde e Demétrio (1998) apud Costa (ibidem), um dos cuidados que se deve tomar na análise de dados, principalmente no caso de variáveis discretas, é com a “sobredispersão”¹⁶ que pode ocorrer. Quando se assume que as observações seguem uma distribuição na *Família Exponencial*, a função de variância tem uma forma conhecida, por exemplo, $Var(y_i) = \lambda_i$ para distribuição de Poisson.

Entretanto, para dados envolvendo contagens, é comum ocorrer uma variabilidade observada maior do que a explicada pela distribuição na *Família Exponencial*. Algumas das possíveis causas de “sobredispersão”, como *variabilidade do material experimental*, que pode ser devida à variabilidade individual, gerando um componente aleatório adicional que não é levado em conta na análise do modelo básico; *correlação entre respostas individuais*, que pode ocorrer entre indivíduos do mesmo grupo; *agrupamentos amostrais*; *dados de nível agregado*, sendo que o processo de agregação pode levar a distribuições compostas e *variáveis não-observáveis omitidas*. De alguma forma, todas as outras categorias são casos especiais dessa, geralmente, de uma forma mais complexa (ibidem).

Na visão de Costa (ibidem) “o fato de não se considerar a “sobredispersão” na análise dos dados pode levar à estimação incorreta dos erros padrões, sendo os mesmos super ou subestimados e, conseqüentemente, a uma avaliação incorreta da significância dos parâmetros de regressão individual.” Para esse autor, se uma destas suposições não é satisfeita, a variação residual pode ser maior do que aquela predita pelo modelo. Nesses casos, o fator de dispersão é maior que a unidade, fato conhecido por *superdispersão*, onde a variância é maior do que a média. Pode ocorrer também, embora seja menos comum, a *subdispersão*, na qual o fator de dispersão é menor que a unidade.

¹⁶ A correção para “sobredispersão” foi efetuada estimando-se o termo de escala via *deviance* dividido pelo número de graus de liberdade.

Diferentes modelos e métodos de estimação têm sido propostos na literatura para resolver o problema da “sobredispersão”. Hinde e Demétrio (1998) apud Costa (ibidem) dividiram as diferentes formas de abordagens da sobredispersão em dois grupos: primeiro, assumir alguma forma mais geral para a função de variância, possivelmente incluindo parâmetros adicionais e segundo, assumir um modelo em dois-estágios para a resposta, ou seja, reconhecer que o parâmetro do *Modelo Básico* tenha alguma distribuição (COSTA, 2003).

Modelos do primeiro grupo, em geral, não correspondem a qualquer distribuição de probabilidade, mas são vistos como extensões do *Modelo Básico*. A estimação dos parâmetros de regressão é feita usando-se *Métodos de Quase Verossimilhança* que pressupõem apenas uma relação média-variância para a resposta.

Os modelos do segundo grupo, isto é, os *Modelos em Dois-Estágios*, levam a modelos de probabilidade composta para a resposta e, em princípio, todos os parâmetros podem ser estimados usando-se *Máxima Verossimilhança*. Em geral, a distribuição composta resultante não tem uma forma simples, e métodos de estimação aproximados podem ser utilizados (ibidem).

3.3 O Modelo Poisson

O nome da distribuição de Poisson está associado ao matemático e físico francês Siméon Denis Poisson (1781-1840), que desenvolveu o expoente de Poisson, usado na transformação adiabática de gases. Esse expoente é a razão entre a capacidade térmica molar de um gás à pressão e a volume constantes. A lei de transformação adiabática de um gás preconiza que o produto entre a pressão de um gás e o seu volume elevado ao expoente de Poisson é constante.

A modelagem para a distribuição de Poisson trata da aplicação da teoria das probabilidades e é aplicada também na estatística. As probabilidades de Poisson vêm sendo utilizadas nos últimos anos a fim de modelar o número de ocorrências em um evento. A primeira iniciativa de se utilizar tal distribuição ocorreu na década de 1890, ao se investigar o número de soldados prussianos mortos por coices dos cavalos (ENDER, 2002).

Atualmente, de acordo com Greene (2003, p. 931) e Ender (2002), a distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade discreta. Ela expressa a probabilidade de um certo número de eventos ocorrerem num dado período de tempo, caso ocorram com uma taxa média conhecida e caso cada evento seja independente do tempo decorrido desde o último

evento. A função de probabilidade $Z_i | \vartheta_i \sim \text{Poisson}(\vartheta_i)$ assume que os ϑ_i são variáveis aleatórias com $E[\vartheta_i] = \lambda_i$ e $V[\vartheta_i] = \delta_i^2$, a função de distribuição de probabilidade de Poisson é, então, dada por:

$$\text{Prob}(Z/\lambda) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^Z}{Z!} \text{ para } Z = 0,1,2,\dots, \text{ ou seja, (3.2)}$$

$$\text{Prob}(Z/\lambda) = \exp[Z \ln(\lambda) - \lambda - \ln(Z!)], \text{ então tem-se: (3.3)}$$

$\vartheta = \ln(\lambda)$ e $b(\vartheta) = -\lambda$ e a média e variância de Z são dadas por:

$$E(Z) = \frac{db(\vartheta)}{d\vartheta} = \lambda \text{ e } V(Z) = \frac{d^2b(\vartheta)}{d\vartheta^2} = \lambda, \text{ (3.4) e (3.5)}$$

como função de Z , está é a função de probabilidade onde e é a base do logaritmo neperiano igual a 2,71..., $Z!$ é o fatorial de Z e λ é um número real, igual ao número esperado de ocorrências que ocorrem num dado intervalo de tempo.

Esse intervalo pode ser o tempo de uma viagem, a distância percorrida, a área de um acidente com carga química, o volume de carga perdido em um acidente de trânsito, o número de vezes que ocorreu acidentes de trânsito durante o ano ou outra unidade análoga. A distribuição de Poisson é então muito utilizada para descrever dados de contagem e uma importante propriedade dessa variável aleatória Z é que, a média e a variância são iguais a λ , que é conhecido como o parâmetro da distribuição de Poisson.

Para Wooldridge (2006), isso é restritivo e já há comprovações de violação em muitas aplicações. Como a distribuição de Poisson possui uma propriedade de robustez bastante precisa, independentemente dessa distribuição ser válida, ainda é possível obter estimadores consistentes e assintoticamente normais. Quando se usa as estimativas de Poisson, mas não se assume que a distribuição seja inteiramente correta, a análise de estimação é chamada de *Quase-Máxima Verossimilhança*.

Em situações em que se tem uma variável resposta não negativa, dados de contagem e deseja-se estudar a relação com variáveis explicativas, pode-se utilizar o *modelo de regressão de Poisson*. Esse tipo de regressão pode ser utilizado para modelar dados de corte, retrospectivos ou prospectivos, taxas e, em geral, ocorrência de eventos raros. Além disso, as observações podem ser ponderadas de acordo com o tempo de acompanhamento ou o tamanho das unidades observacionais.

O processo de Poisson é identificado quando a ocorrência de um evento em um intervalo de espaço ou de tempo não tem qualquer efeito sobre a probabilidade de ocorrência de um segundo evento, ou seja, a ocorrência dos eventos é independente e um número infinito de ocorrências de um evento deve ser possível no intervalo.

A probabilidade de uma única ocorrência do evento em um dado intervalo é proporcional ao tamanho desse intervalo. Em uma porção infinitesimal do intervalo, a probabilidade de mais de uma ocorrência do evento é desprezível. Quando se faz um grande número de observações e quando o evento tem uma pequena probabilidade de ocorrer, o número total de eventos tem distribuição aproximadamente Poisson, cuja taxa de ocorrência é dada por λ igual à distribuição Binomial com contagem n e probabilidade p , tal que “ $\lambda = n \cdot p$ ”.

Ao assumir que a distribuição de Poisson tem a mesma forma que a equação 3.1, então a probabilidade de que y seja igual ao valor Z , condicional em x , será:

$$P(y = Z|x) = \exp[-\exp(x\beta)] \cdot [\exp(x\beta)]^z / z!; \quad (3.6)$$

onde Z admiiti valores N Números Naturais. Essa distribuição é a base do *modelo de regressão de Poisson*, que permite encontrar as probabilidades condicionais de qualquer valor das variáveis explicativas. Logo que se tenham as estimativas dos β , será possível inseri-las nas probabilidades de vários valores de x (ibidem).

3.3.1 Aplicação do Modelo de Poisson

Nos últimos anos, a aplicação do modelo de distribuição de Poisson tem ocorrido com frequência, principalmente, em estudos empíricos nas áreas da saúde e epidemiologia, tal como na medição dos efeitos da poluição atmosférica em relação aos atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo. Segundo Martins *et alli* (2002, p. 88) o objetivo da pesquisa era investigar os efeitos causados pela poluição atmosférica na morbidade por pneumonia e por gripe em idosos entre 1996 e 1998.

Foram obtidos dados diários de atendimentos por pneumonia e gripe para idosos em pronto-socorro médico de um hospital-escola no município de São Paulo. Os dados sobre os níveis diários de CO, O₃, SO₂, NO₂ e PM₁₀ foram obtidos na CETESB, e os de temperatura e umidade relativa do ar no Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (USP). Para verificar a relação existente entre pneumonia, gripe e poluição atmosférica, os pesquisadores utilizaram-se do modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson, tendo

como variável dependente o número diário de atendimentos por pneumonia e gripe e como variáveis independentes às concentrações médias diárias dos poluentes atmosféricos.

A análise foi ajustada para sazonalidade de longa duração (número de dias transcorridos), sazonalidade de curta duração (dias da semana), temperatura mínima, umidade média, períodos de rodízio dos veículos e os atendimentos por doenças não-respiratórias em idosos (ibidem, p. 90).

Para Martins *et alli* (ibidem, p. 92), os componentes de O₃ e SO₂ estavam diretamente associados à pneumonia e à gripe, independentemente das variáveis de controle. Porém, na análise conjunta, eles perdem sua significância estatística. Pôde-se observar que um aumento interquartil (25%-75%) para o O₃ (38,80 µg/m³) e SO₂ (15,05 µg/m³) levou a um acréscimo de 8% e 14,5%, respectivamente, no número de atendimentos por pneumonia e gripe em idosos. Os autores concluíram, de acordo com os resultados, que a poluição atmosférica promove efeitos adversos para a saúde de idosos.

Em outra pesquisa, Soares e Ferreira (2004, p. 640 - 647) aplicaram a regressão de Poisson para testar a viabilidade de sistemas biológicos, pois inúmeras doenças mostraram-se associadas com variações do Potencial Hidrogeniônico (pH) sanguíneo. Os efeitos nocivos resultantes dessas variações não são causados pela ação química de íons no sangue. Se fosse assim, um pH de 6,8 não seria fatal, visto que uma variação tão pequena não resulta em troca significativa de prótons entre biomoléculas e ambiente. Uma explicação mais correta para esse fato seria a influência do pH sobre a estabilidade e reatividade de biomoléculas, dado que alterações do pH correspondentes a uma energia térmica são fatais para seres humanos. Dessa forma, a variação do pH em 0,4 unidades é crítica para sistemas biológicos e, de fato, esse valor define perfeitamente o intervalo no qual alterações do pH sanguíneo são toleradas por seres humanos. As moléculas biológicas mostraram-se particularmente sensíveis a variações de pH porque são constituídas por diversos grupos químicos que ionizam em pH aproximadamente igual a 7 (ibidem, p. 640 - 647).

No que concerne a acidentes de trânsito, o modelo de distribuição de Poisson foi utilizado conforme descrevem Bacchieri *et alli* (2005, p. 1499 - 1508) em um estudo com delineamento transversal da base-populacional de Pelotas, na região sul do Brasil. Esse estudo objetivava pesquisar os determinantes e padrões de utilização da bicicleta como modo de transporte para o trabalho. Conforme esses pesquisadores, foram descritos os acidentes ocorridos nos últimos 12 meses no deslocamento de ida e volta para o trabalho e a utilização de equipamentos de segurança na bicicleta. A amostra incluiu 1,7 mil trabalhadores com 15 anos ou mais de idade, residentes na zona urbana, que utilizavam a bicicleta como modo de

transporte para o trabalho. Análises brutas e ajustadas foram realizadas por meio da regressão de Poisson, considerando o efeito do delineamento.

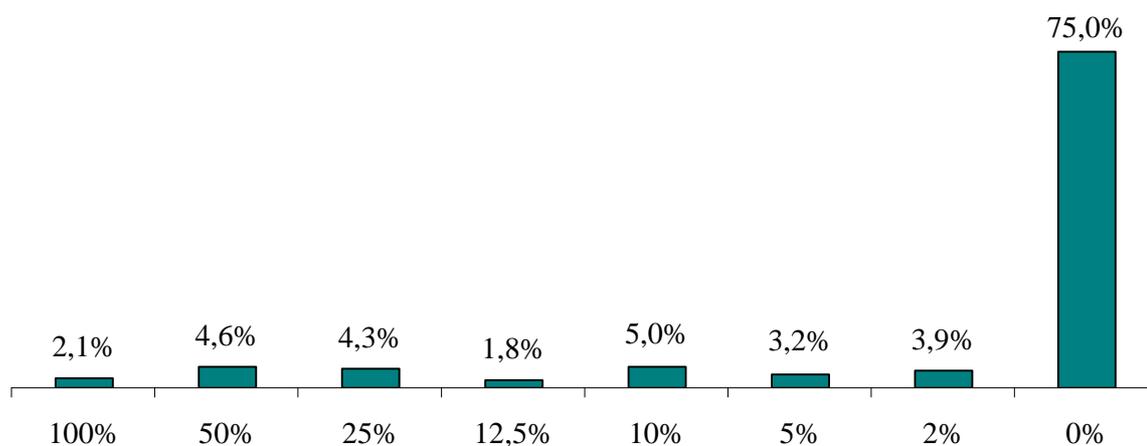
A prevalência de utilização da bicicleta foi de 17,2% [Índice de Confiança (IC) 95%]. Trabalhadores homens com baixo nível de escolaridade e condições financeiras apresentaram as maiores prevalências. Menos de 1% das bicicletas possuía os equipamentos de segurança exigidos pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e 15% não tinham freios. Aproximadamente 6% desses trabalhadores sofreram acidentes de trânsito com lesões corporais nos últimos 12 meses. Concluiu-se que trabalhadores que utilizam bicicleta como modo de transporte são prioritários para intervenções preventivas relacionadas a acidentes de trânsito (ibidem, p. 1499 - 1508).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

A pesquisa de campo proporcionou o entendimento de como a variável risco está associada à DAP. Conforme demonstrado no **Gráfico 1**, 75% dos pesquisados não estão dispostos a pagar, por meio de um acréscimo em suas taxas de IPVA, para evitar o risco de ocorrência de mais um acidente de trânsito. Em menor escala; 3,9% das pessoas entrevistadas estão dispostas a pagar 2% a mais em suas taxas de IPVA; 3,2% dos usuários das rodovias federais estão dispostos a pagar 5% de sobretaxa no valor do seu IPVA; enquanto que 5% dos respondentes declararam estar dispostos a pagar 10% de sobretaxa no valor do imposto.

Gráfico 1 – Percentual da Distribuição da Disposição a Pagar



■ Fonte: Elaboração do Autor.

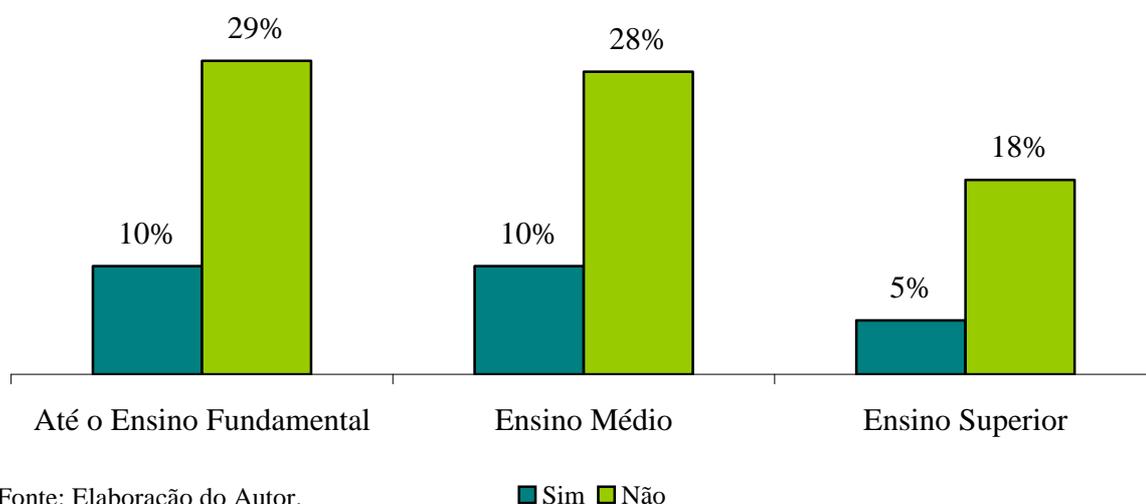
O menor percentual de entrevistados (1,8%), declarou estar disposto a pagar 12,5% de sobretaxa do valor já pago no IPVA. Conforme o **Gráfico 1**, para 4,3% das pessoas que responderam ao *survey* de pesquisa, declararam dispostos a pagar 25% a mais no valor do IPVA para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito. Enquanto isso, 4,6% dos respondentes estão dispostos a pagar 50% do valor do IPVA e 2,1% dos entrevistados estão dispostos a pagar 100% do valor do IPVA.

Quanto ao grau de instrução, a amostra revela que os não dispostos a pagar estão distribuídos de forma ascendente, isto é, 29% cursaram até o Ensino Fundamental, 28% o Ensino Médio e 18% responderam que fizeram o Ensino Superior. Por seu turno, dos 25% que

estão dispostos a pagar, 20% cursaram até o Ensino Médio e apenas 5% declararam ter cursado o Ensino Superior (**Gráfico 2**).

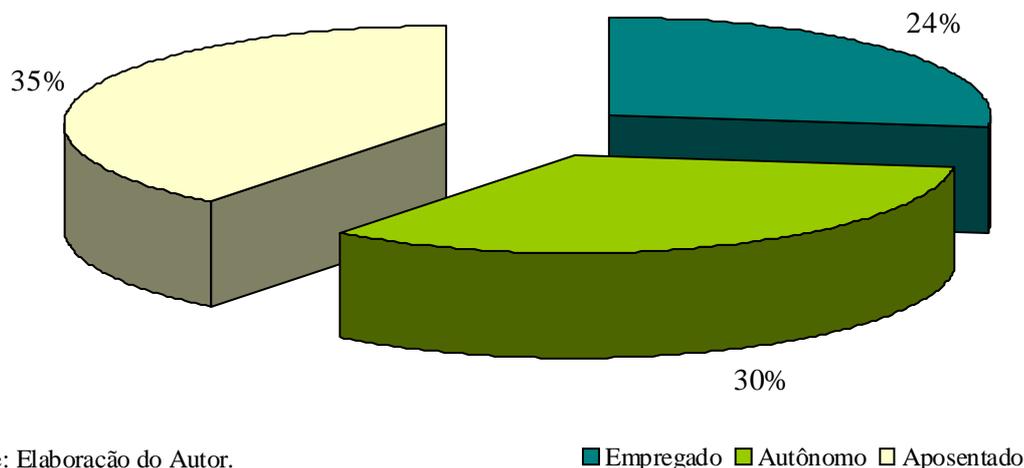
Ademais, 57% dos não dispostos a pagar para evitar o risco da ocorrência de mais um acidente são de pessoas com escolaridade em nível de Ensino Médio, que discordam do aumento do valor de seu IPVA mesmo que o acidente seja consigo. Além disso, 18% dos que responderam não dispostos a pagar possuem escolaridade em nível superior (**Gráfico 2**).

Gráfico 2 – Disposição a Pagar dos Entrevistados por Grau de Instrução



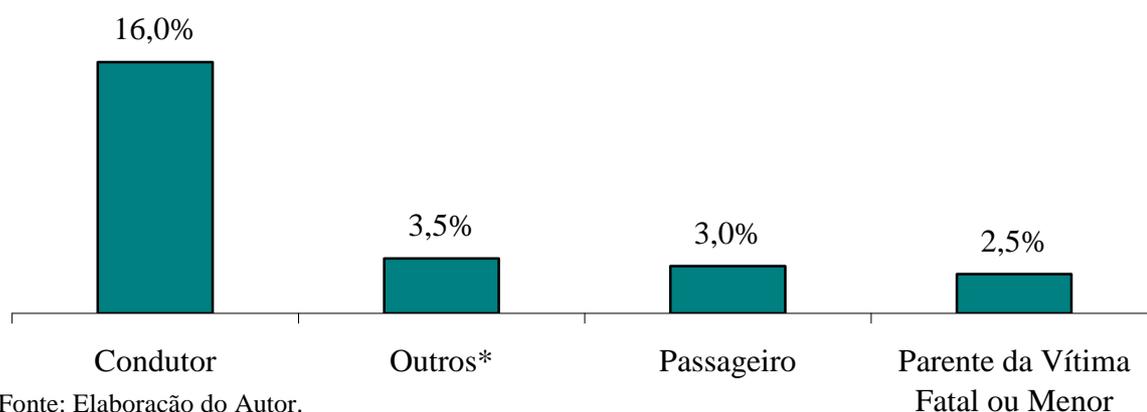
A DAP por uma taxa extra, a fim de evitar o risco de ocorrência de acidentes adicionais pode ainda ser relacionada à situação empregatícia do respondente. Conforme mostra o **Gráfico 3**, 35% dos entrevistados são usuários aposentados. Em escala menor, 30% dos dispostos a pagar algum valor de sobretaxa são pessoas com ocupações autônomas e 24% possuem algum tipo de vínculo empregatício.

Gráfico 3 – Disposição a Pagar por Situação Empregatícia Seleccionada



Em relação aos que estão dispostos a pagar, a amostra revela que 16% são condutores do veículo e que 3% declararam ser passageiros. Parentes da vítima fatal ou menor de idade respondem por 2,5% dos que estão dispostos a pagar para evitar o risco de um acidente adicional em rodovias federais brasileiras. Pedestres e proprietários de carga ou do próprio veículo, representam 3,5% dos que estão dispostos a pagar uma sobretaxa em seu IPVA (**Gráfico 4**).

Gráfico 4 – Disposição a Pagar dos Entrevistados com Relação aos Acidentes



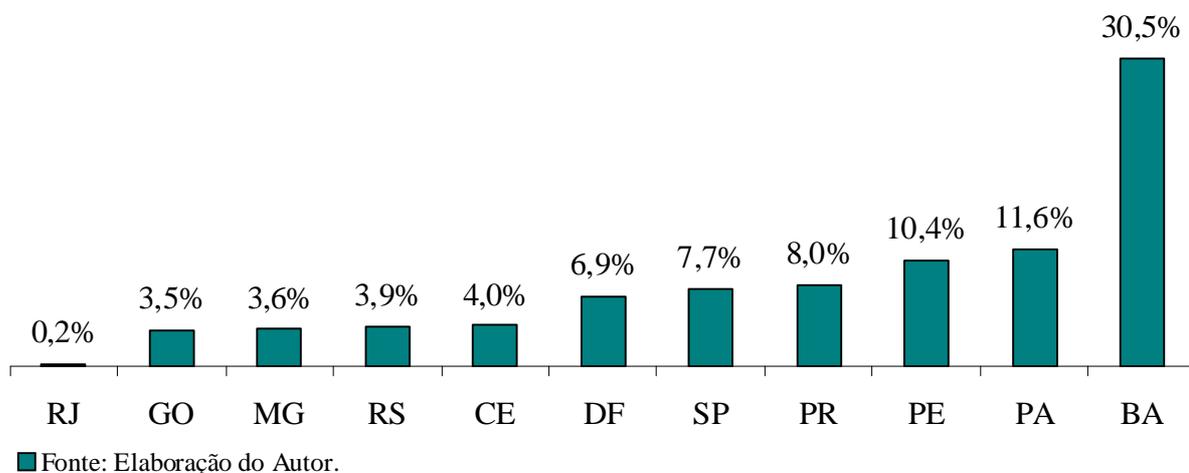
■ * Pedestre e Proprietários da Carga e do Veículo.

A análise dos dados da amostra revela, por meio do **Gráfico 5**, que as maiores DAPs estão concentradas no estado da Bahia, onde 30% dos pesquisados declararam estar dispostos a pagar uma sobretaxa como percentual do IPVA e do Pará, onde 11,6% dos respondentes revelaram estar dispostos a pagar a referida sobretaxa.

Em menor escala encontra-se o estado de Pernambuco, onde 10,4% das pessoas revelaram estar dispostas a pagar; o estado do Paraná, com apenas 8% dispostos a pagar algum valor de sobretaxa e o estado de São Paulo, que tem 7,7% dispostos a pagar por semelhante atitude. Na Capital Federal 6,9% dos brasilienses responderam afirmativamente à pergunta, enquanto que apenas 4% dos cearenses e 3,9% dos gaúchos concordaram em pagar algum valor de sobretaxa referente ao valor do IPVA para redução do número de acidentes de trânsito nas rodovias federais.

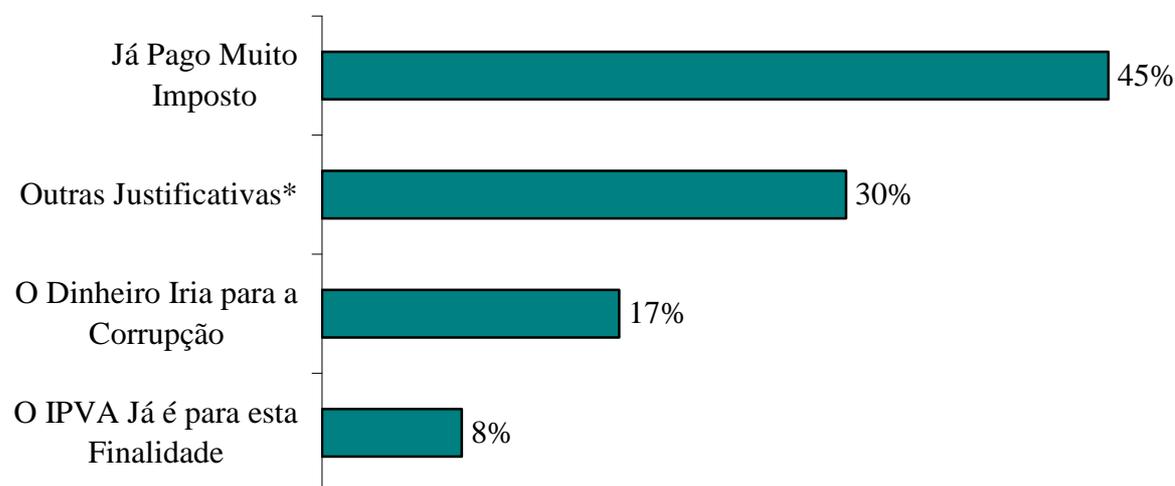
A análise dos dados do **Gráfico 5** ainda revela que as menores DAPs estão no estado de Minas Gerais, onde 3,6% dos usuários das rodovias federais declaram estarem dispostos a pagar para redução do número de acidente de trânsito, no estado de Goiás, onde 3,5% dos respondentes desejam pagar algum valor de sobretaxa e, finalmente, no estado do Rio de Janeiro, com apenas 0,2% dos cariocas dispostos a pagar pela redução do risco de um acidente adicional.

Gráfico 5 – Percentual da Disposição a Pagar por Unidade da Federação¹⁷



O **Gráfico 6** apresenta as principais justificativas dos entrevistados quanto as suas DAPs. Essa análise reflete, na prática, o voto de protesto dos entrevistados quando perguntados sobre as suas não DAPs em função da redução de mais um acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras. No entendimento de cerca de 45% dos entrevistados, os impostos deveriam ser usados para investimentos no trânsito e redução dos riscos.

Gráfico 6 – Justificativas para a Não Disposição a Pagar



Fonte: Elaboração do Autor.

■ * Pagaria Caso Houvesse Melhorias; Paga para Não Ter mais Acidentes; Não Sabe para Onde o Dinheiro Iria; e Não Tem Condições de Pagar mais Imposto.

Por meio do **Gráfico 6**, observa-se que 30% dos entrevistados não se disporem a pagar em razão de não terem acesso ao conjunto de melhorias proporcionadas por uma eventual política pública, bem como por não estarem cientes sobre a aplicação dos recursos

¹⁷ Os Estados foram selecionados segundo sua representatividade no total dos acidentes.

financeiros captados. Além disso, 17% declararam que o dinheiro arrecadado supostamente iria para a corrupção e 8% responderam que a taxa de IPVA paga já tem essa finalidade, ou seja, permitir o esboço de políticas públicas capazes de reverter ou minimizar o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras.

4.2 Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos¹⁸

Segundo dados contidos no **Gráfico 5**, os usuários das rodovias federais no estado de São Paulo não estão dispostos a pagar pela redução dos riscos de acidentes de trânsito, se comparados a outros estados brasileiros. Entre as justificativas, têm-se o **Gráfico 6**, indicando o porquê desses usuários não estarem dispostos a pagar e a **Tabela 1**, que apresenta esse Estado como o que possui as melhores rodovias do país. Mesmo assim, esses usuários ainda contam com alguns agravantes no risco de acidentes em suas rodovias que merecem a atenção dos gestores de políticas públicas. São os riscos de acidentes no transporte de produtos químicos, que não ocorrem somente em São Paulo, embora apenas naquele Estado se possa contar com estatísticas seguras sobre esse tipo de acidente. De acordo com a CETESB, entidade responsável pelos cálculos e análise de acidente no transporte de carga química, mais da metade dos acidentes estão representados nas rodovias estaduais. Isso é demonstrado no **Gráfico 7**.

Tabela 1 – Melhores Rodovias do Brasil

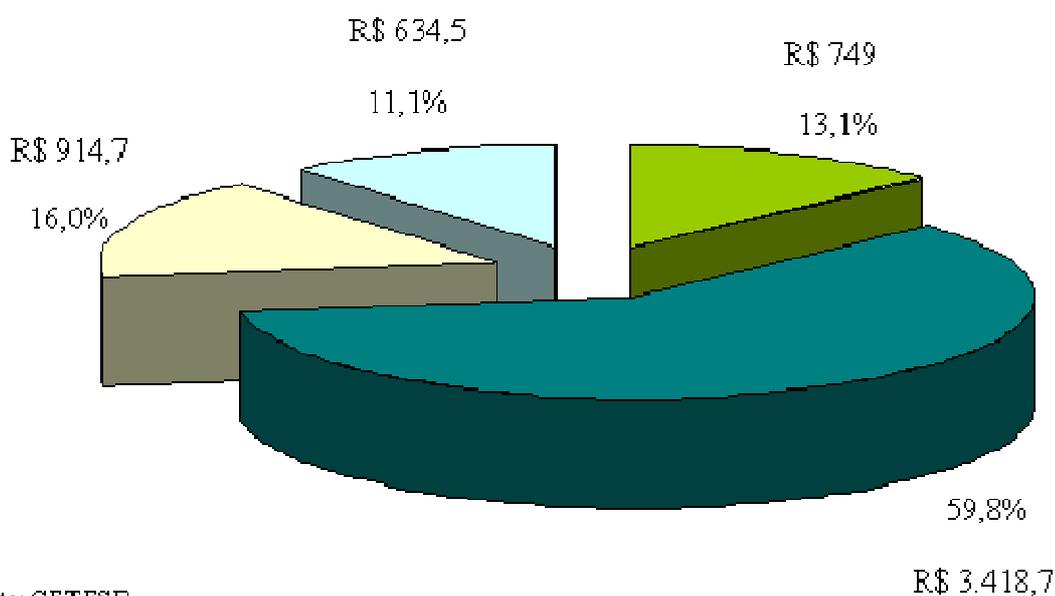
Ranking	Nome	Rodovia
1º	Limeira SP - São José do Rio Preto SP	SP-310/BR-364, SP-310/BR-456, SP-330/BR-050
2º	Barretos SP - Bueno de Andrade SP	SP-326/BR-364
3º	Bauru SP - Itirapina SP	SP-225/BR-369
4º	São Paulo SP - Itaipava SP - Espírito Santo do Turvo SP	SP-255, SP-280/BR-374
5º	Engenheiro Miller SP - Jupia SP	SP-209, SP-300, SP-300/BR-154, SP-300/BR-262
6º	São Paulo SP - Limeira SP	SP-310/BR-364, SP-348
7º	Rio Claro SP - Itapetininga SP	SP-127, SP-127/BR-373
8º	São Paulo SP - Uberaba MG	BR-050, SP-330/BR-050
9º	Campinas SP - Jacareí SP	SP-065, SP-340
10º	Sorocaba SP - Cascata SP - Mococa SP	SP-075, SP-340, SP-342, SP-344

Fonte: CNT, 2007.

¹⁸ A seção 4.2 apresenta uma pesquisa complementar ao presente trabalho, tendo em vista a área de pesquisa na qual se insere. Vale ressaltar que os resultados apresentados foram extraídos de banco de dados gentilmente cedidos pela CETESB.

Dos acidentes com carga química, 59,8% são em rodovias estaduais; isso representa R\$ 3,4 milhões em prejuízos apenas com a perda de carga; 16,0% em rodovias municipais e prejuízos de R\$ 914,7 mil e 13,1% dos sinistros em rodovias federais, com uma perda de R\$ 749 mil em produtos químicos diversos nas rodovias federais apenas no estado de São Paulo. Isso sem levar em consideração os danos aos veículos, condutores, passageiros e às pessoas atingidas direta e indiretamente pelos danos causados por seu derramamento (**Gráfico 7**).

Gráfico 7 – Produto Químico Vazado Segundo Rodovias - R\$ Mil¹⁹



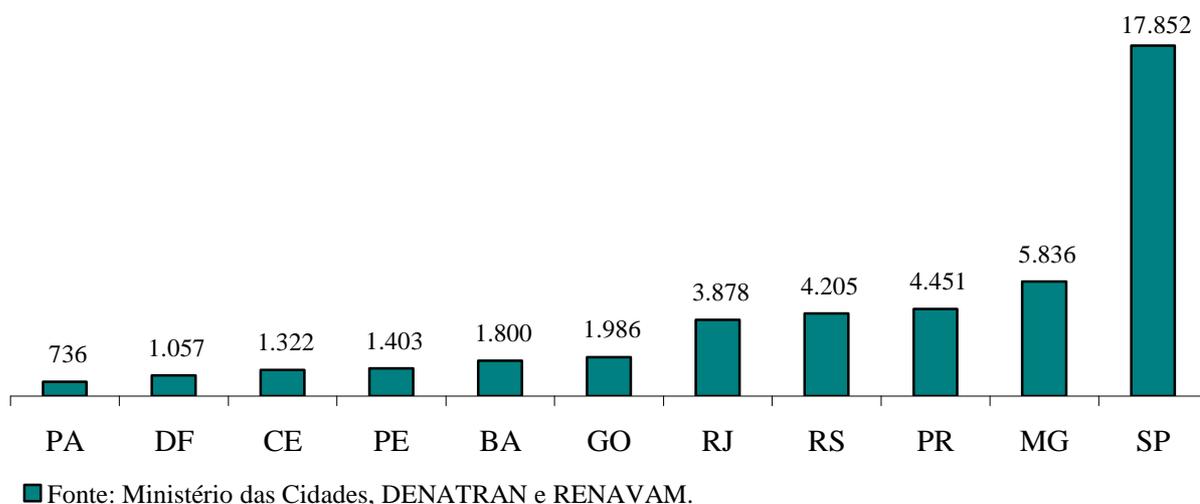
Fonte: CETESE.

■ Rodovia Federal ■ Rodovia Estadual ■ Rodovia Municipal ■ Não Informado

Apesar dos altos custos, o percentual da DAP que os paulistas aceitariam pagar pela redução dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais está aquém dos declarados pelos estados da Bahia, Pará, Pernambuco e Paraná. Todavia, o estado de São Paulo, conforme **Gráfico 8**, possui a maior quantidade de veículos de todo o Brasil, segundo o Ministério das Cidades, o DENATRAN e o Registro Nacional de Veículos Automotores (RENAVAM), o que representa 33% da frota nacional.

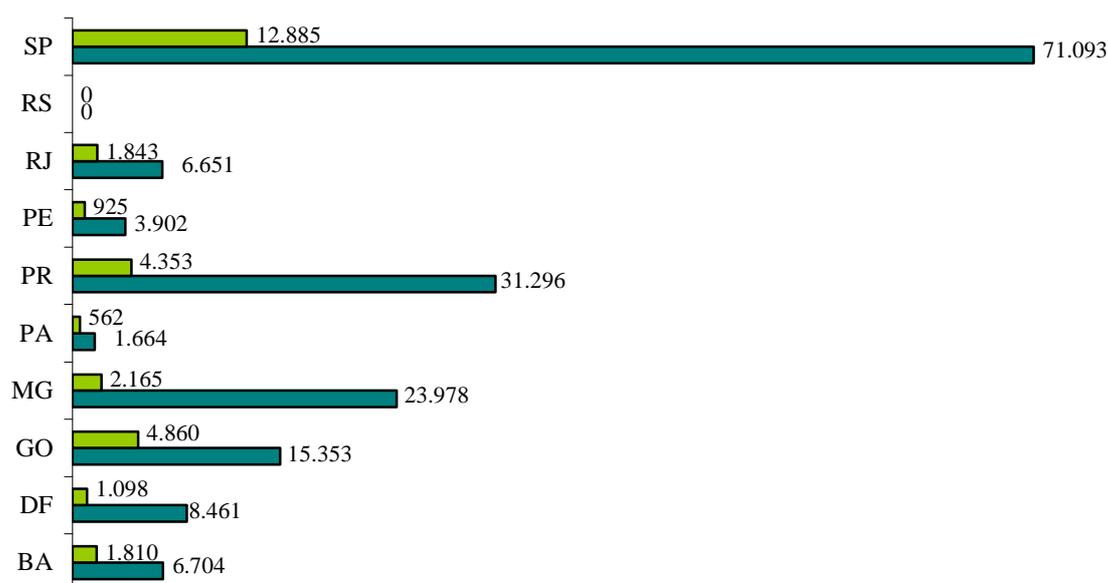
¹⁹ O cálculo dos custos dos acidentes de trânsito com a perda de carga química foram efetuados a partir do universo de 244 sinistros rodoviários no mesmo período da pesquisa de campo sobre a DAP para evitar o risco de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras. Os preços base para o cálculo desses custos foram os da exportação dos produtos químicos vazados nas estradas de rodagem e extraídos a partir da base de dados do ALICE-Web. A taxa de câmbio média para o período era, segundo o IPEA, de R\$ 2,66.

Gráfico 8 – Frota de Veículos Emplacados em Dezembro de 2008, Mil Unidades



Há, de acordo com o **Gráfico 9**, maiores probabilidades de que no estado de São Paulo os acidentes de trânsito ocorram com mais frequência. Naquele Estado, os sinistros com vítimas representam 19% do total brasileiro, os veículos leves respondem por 34% do total de acidentes com vítimas e os veículos pesados 31% de todos os acidentes ocorridos no Brasil no ano de 2004 (**Gráfico 9**), de acordo com informação do Departamento Estadual de Trânsito do estado de São Paulo (DETRAN-SP).

Gráfico 9 – Tipos de Veículos Envolvidos em Acidentes com Vítimas - 2004

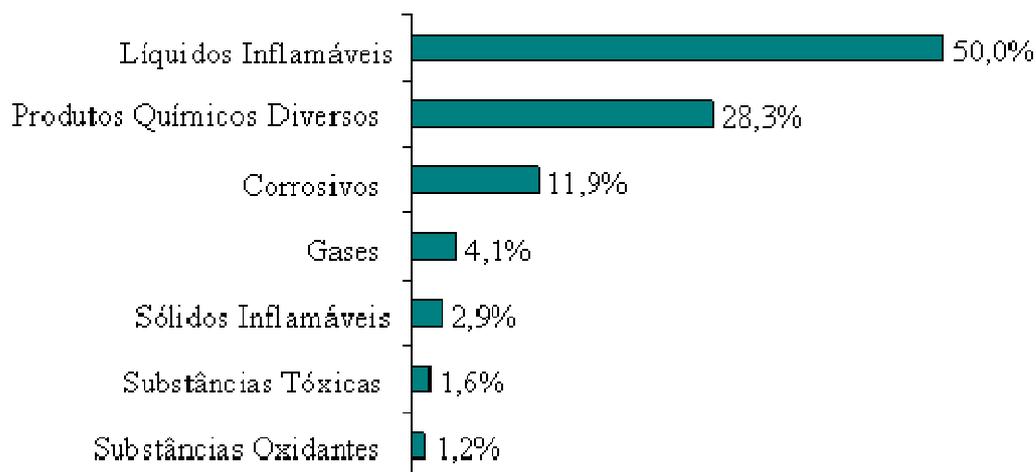


Fonte: Detrans. ■ Veículos Leves (Automóvel / Camioneta) ■ Veículos Pesados (Caminhão / Caminhonete)

Os impactos dos acidentes com vítimas não se relacionam apenas às pessoas; o meio ambiente também se degrada em decorrência desses desastres. Segundo a CETESB, entre o

segundo semestre de 2004 e o primeiro de 2005, houve, no estado de São Paulo, R\$ 5,7 milhões de prejuízo com a perda estimada de produtos químicos nas rodovias federais, estaduais e municipais. Nesse período de tempo os recursos naturais suportaram um total de 1,5 mil toneladas de produtos químicos diversos; desses, 50% são representados por líquidos inflamáveis, como combustíveis, alcoóis, óleos e gasolina (**Gráfico 10**).

Gráfico 10 – Classe do Produto Químico Vazado

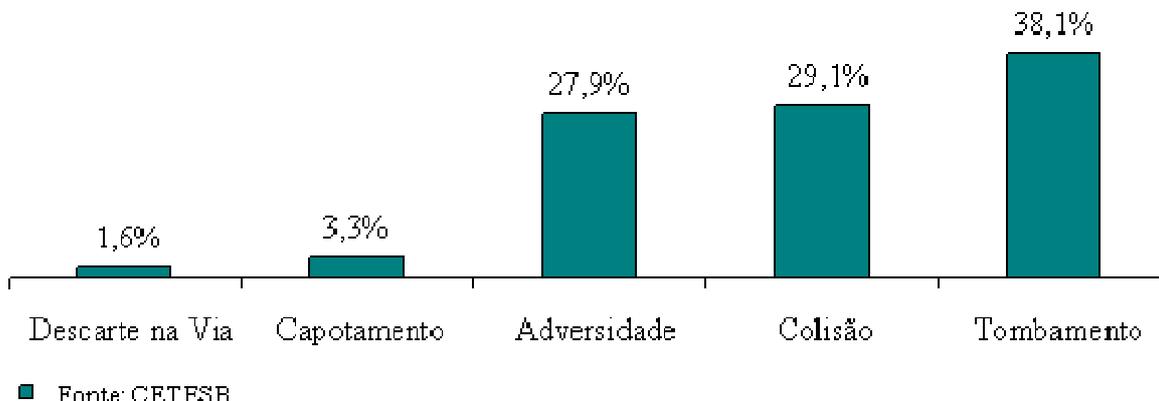


■ Fonte: CETESB.

Entretanto, é difícil estimar os custos da reparação ambiental em decorrência da perda de produtos químicos que vazam diariamente para o subsolo via acidentes de trânsito no transporte de carga química, poluindo solos, nascentes e plantações. Levando-se em consideração todos os acidentes na condução de carga química no estado de São Paulo, a CETESB estima que 74% destes causam algum tipo de dano ambiental.

Desses acidentes com caráter prejudicial aos recursos naturais, 38,1% são provocados por tombamentos nas faixas de rolamento, 29,1% são colisões traseiras e dianteiras em outros veículos ou mobiliário, bens e propriedade pública e privada. Entretanto, alguns sinistros rodoviários, como avarias no veículo, condições de uso ou irresponsabilidades no manuseio dos caminhões são algumas adversidades que ocorrem no trânsito e que causam 27,9% dos acidentes. Por fim, 4,9% são causados por capotamentos e descarte de produto químico na via (**Gráfico 11**).

Gráfico 11 – Causa do Acidente com Produto Químico



No **Quadro 3** e na **Tabela 2** há uma descrição e um resumo, respectivamente, de uma amostra de acidente de trânsito no transporte de carga química ocorrido no município de Cubatão, na rodovia Anchieta, com suas respectivas despesas ambientais.

Quadro 3 – Reparação de um Acidente Ambiental

No dia 25 de setembro de 2005, no município de Cubatão, às 11h e 3min, um caminhão-tanque transportando 25,11 m³ de **Antrafen** ou **óleo antracênico leve**, um produto destilado de **alcatrão**, de n^o ONU 1136, na altura do km 44 + 500 m da pista Sul da SP-150 da Rodovia Anchieta, por falta de freio, chocou-se violentamente contra uma mureta de concreto localizada ao lado esquerdo da pista, tombando sobre ela. Houve rompimento do tanque e vazamento total do óleo; parte vazou para a pista e outra parte para o acostamento esquerdo da referida pista.

Nesse acidente houve a contaminação do solo e vegetação em uma grande área do acostamento à direita da pista, onde há um desvio asfaltado. Houve ainda o escoamento de óleo sobre a pista numa extensão de aproximadamente 1 km, a contaminação do talude e da vegetação no acostamento à esquerda da pista e o escoamento do óleo por canaletas de águas pluviais, alcançando um canal de drenagem das águas da Serra do Mar, que deságua no rio Cubatão.

Tabela 2 – Resumo das Despesas do Acidente Ambiental

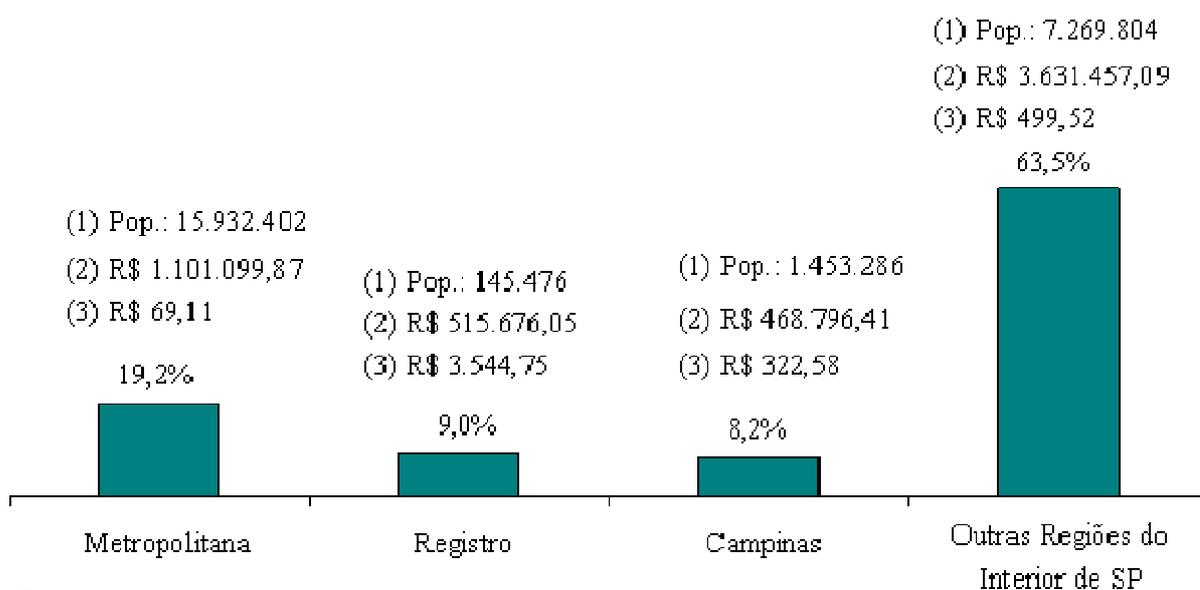
Recuperação / Revitalização do Local Atendido	R\$ 12.758,00
Limpeza do Local	R\$ 85.379,70
Transporte de Resíduos (Próprios + Terceiros)	R\$ 47.307,48
Atendimento Emergencial	R\$ 728.754,79
Descarte de Resíduos	R\$ 78.179,80
Perda de Mercadoria Transportada	R\$ 22.882,99
Danos Patrimoniais + Lucros Cessantes	R\$ 84.058,00
Multas	R\$ 69.650,00
TOTAL	R\$ 1.128.970,76

Fonte: CETESB, 2005.

Como se não bastasse, direta ou indiretamente, a população que vive próxima aos sinistros é obrigada a suportar não apenas os acidentes *per si*, mas as consequências da

poluição por esses causada. Desta forma, a dispersão de poluentes tem atingido parte do estado de São Paulo; além disso, a perda monetária decorrente dos acidentes no transporte de carga química também pode ser avaliada no **Gráfico 12**, onde estão apresentados os custos e as populações residentes atingidas.

Gráfico 12 – Custo da Perda de Carga Química sobre a População Residente



■ Fonte: CETESB, 2004 e 2005.

(1) População Estimada em 01/07/2005 – IBGE Cidades

(2) Custo Total do Acidente por Região de Ocorrência

(3) Custo Indireto que Incide sobre a População Agrupada por 1.000 Habitantes

Entre o segundo semestre do ano de 2004 e o primeiro de 2005, respectivamente, a região metropolitana de São Paulo contou com 19,2% desses acidentes e prejuízo total de R\$ 1,1 milhão. A população afetada foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em quase 16 milhões de pessoas e em um grupo de mil residentes o custo indireto incidente sobre essa população é de R\$ 69,11, aproximadamente.

4.3 Caracterização e Análise da Regressão do Modelo Poisson

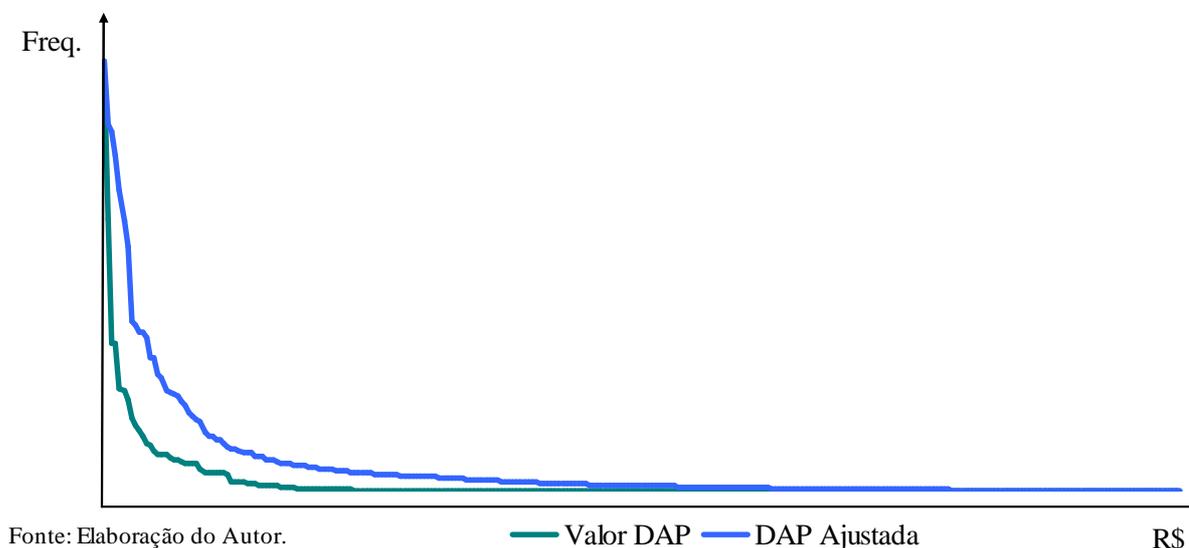
A percepção para a máxima DAP também revelou que os entrevistados priorizam as suas preferências, declaradas e ordenadas como escolhas em função de diversos quesitos para investimentos públicos, a saber: pavimentação, educação para o trânsito, conservação e manutenção das rodovias, sinalização das vias e construção e recuperação de pontos de apoio.

Para calcular a DAP marginal por redução no risco de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras em pesquisas que envolvem o método de valoração contingente, um dos modelos de regressão mais indicados é o Poisson, tendo em vista sua utilidade na

estimativa do valor esperado de uma função quando a variável dependente y assume uma grande quantidade de valores zeros²⁰. Então, a regressão de Poisson se propõe a modelar o valor esperado como uma função exponencial de um conjunto de variáveis explicativas, as quais são atribuídas à redução do risco da ocorrência de mais um acidente de trânsito. Assim, a variável dependente assume valores de contagem e com excesso de zeros [(JØRGENSEN, 1996); (GREENE, 2003) e (WOOLDRIDGE, 2006)].

No caso da DAP para se evitar o risco de ocorrer mais um acidente de trânsito, os valores situam-se no ponto zero. Existem oito categorias de máxima DAP, com 75% das observações concentradas no valor R\$ 0,00, de DAP para evitar o risco de ocorrência de mais um acidente de trânsito; as 25% das observações restantes estão distribuídas nos demais valores de disposição a pagar. Com o objetivo de avaliar como a regressão de Poisson se adequa aos valores observados na pesquisa, calculam-se as DAPs ajustadas ao referido modelo e comparam-se com as DAPs declaradas pelos respondentes (**Gráfico 13**). Dessa forma, os valores de disposição a pagar e disposição a pagar ajustado para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras se relacionam exponencialmente à renda e às demais variáveis estaticamente selecionadas.

Gráfico 13 – Frequência dos Valores Marginais da DAP para Redução de Acidentes



Ainda de acordo com **Gráfico 13**, observa-se uma grande frequência de valores zero de DAP para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito. Enquanto isso, à medida que os valores da máxima DAP declarada tendem a aumentar para evitar o risco de ocorrer mais um acidente, a frequência de valores zero diminui, o que garante o ajustamento da regressão de Poisson.

²⁰ Representam os 75% dos entrevistados não dispostos a pagar.

A estimativa²¹ dos parâmetros da função de disposição a pagar marginal para evitar o risco da ocorrência de acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras, com 280 observações e 10% de significância estatística, é:²²

$$DAP = e^{-1,1492+2,9902BA+1,1450PA+1,0802PE+1,7109S+0,0001R+0,1634A+0,1375E}, \quad (4.1)$$

em que **DAP** = estimativa da Disposição a Pagar;

e = número do *log* de Neper;

BA = variável *dummy* que indica o estado da Bahia;

PA = variável *dummy* que indica o estado do Pará;

PE = variável *dummy* que indica o estado de Pernambuco;

S = variável *dummy* que indica o sexo masculino;

R = renda mensal em Reais;

A = importância para investimentos em pontos de apoio e

E = importância para investimentos em educação para o trânsito.

A **Tabela 3** apresenta os parâmetros estimados do *Modelo de Regressão de Poisson* com as respectivas significâncias estatísticas e erros padrões estimados. Como pode ser observado, a estimativa da variável *dummy* outras Unidades da Federação (UFs) é 0,0000, assim como a variável *dummy* que indica o sexo feminino. Isso porque, na regressão de Poisson, as variáveis dicotômicas não estatisticamente significativas ao modelo são tomadas como referência para estimar outros parâmetros significativos. Dessa forma, como a variável *dummy* que indica o sexo feminino não é relevante ao modelo, foi tomada como referência para que a *dummy* indicativa do sexo masculino se apresentasse significativa.

Quando as variáveis significativas ao modelo são contínuas ou métricas, as interpretações dos parâmetros são habituais, como em um *Modelo de Regressão Linear*. Conforme **Tabela 3**, a renda média mensal apresenta estimativa de 0,0001 para o *Modelo de Regressão de Poisson*. Esse parâmetro não necessita de qualquer tratamento estatístico prévio a fim de obter melhores estimadores; seus coeficientes não são diretamente comparáveis aos MQOs e possuem significados bastante diferentes em relação aos MLGs que podem variar conforme aplicabilidade do pesquisador (WOOLDRIDGE, 2006).

²¹ Vide **APÊNDICE B – RESULTADOS ECONOMÉTRICOS**.

²² O modelo teórico encontra-se descrito na seção **3.2 Modelos Lineares Generalizados**.

Tabela 3 – Resultados do Modelo de Regressão de Poisson

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	Significância
Intercepto	-1,1492	0,9946	0,2479
Bahia	2,9902	0,2512	<,0001
Pará	1,1450	0,3282	0,0005
Pernambuco	1,0802	0,3541	0,0023
Outras UFs	0,0000	0,0000	.
Sexo Masculino	1,7109	0,4914	0,0005
Sexo Feminino	0,0000	0,0000	.
Renda Mensal	0,0001	0,0000	0,0429
Importância para Investimentos em Pontos de Apoio	0,1634	0,0661	0,0135
Importância para Investimentos em Educação para o Trânsito	0,1375	0,0860	0,1099

Fonte: Elaboração do Autor.

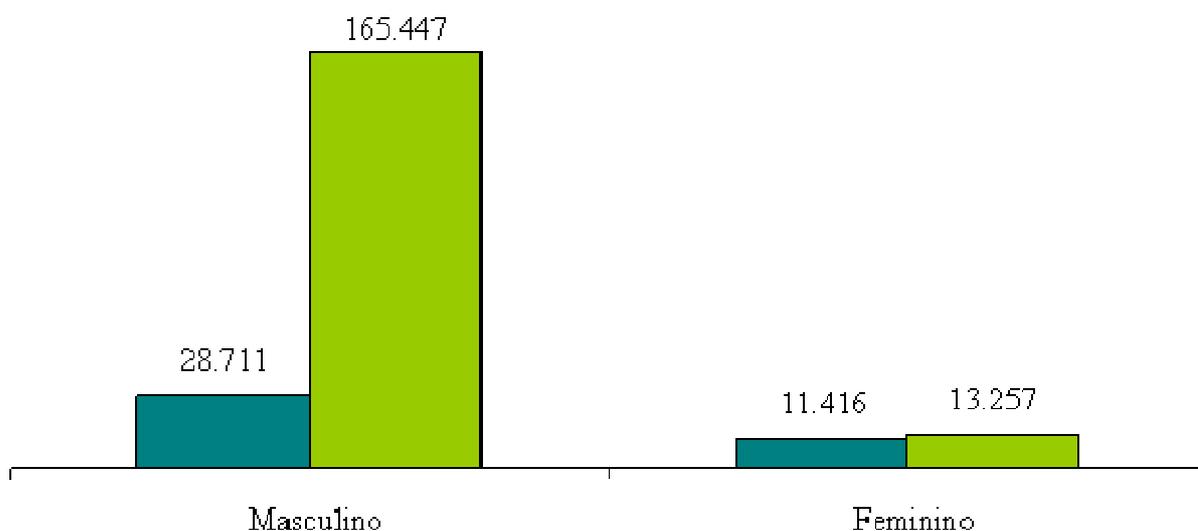
Os usuários das rodovias nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco são os que mostraram mais sensibilidade em relação às condições das rodovias federais, sinalizando pela importância de investimentos públicos na construção de postos policiais, abastecimento e educação para o trânsito. Eles votaram ainda pela redução do risco da ocorrência de mais um acidente de trânsito por meio da máxima DAP em relação a outros usuários de rodovias federais. Aparentemente, esses não estão dispostos a pagar tanto quanto aqueles. Isso se deve ao fato de que suas estradas possam não estar em péssima situação de infraestrutura, se comparadas às baianas, paraenses e pernambucanas.

Segundo Wooldridge (2006) a interpretação dos parâmetros é efetuada por meio da multiplicação destes por 100, o que garante a porcentagem de mudança na esperança da DAP para o estado da Bahia igual a 299,02%. Assim, os baianos estão dispostos a pagar 299,02% a mais do que outros usuários de estradas de rodagem nos demais estados do Brasil, exceto paraenses e pernambucanos. Seguindo a análise dos parâmetros proposta por Wooldridge (ibidem), os paraenses estão dispostos a pagar 114,5% a mais pela redução de mais um acidente de trânsito em rodovias federais que os outros brasileiros, exceto os baianos e pernambucanos. Conclui-se que no estado de Pernambuco a DAP pela redução do risco de acontecer mais um acidente de trânsito é 108,02% a mais que em outros estados do Brasil, exceto nos estados da Bahia e do Pará.

Outra variável estatisticamente significativa, conforme a **Tabela 3**, é a variável dicotômica que indica o sexo masculino em relação ao feminino. Os homens estão dispostos a pagar pela redução do risco da ocorrência de mais um acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras 171,09% a mais que as mulheres. Dessa forma, pode-se comprovar que os

homens apresentam maior sensibilidade aos riscos de acidentes de trânsito que as mulheres que, por se sentirem mais cuidadosas e estarem menos envolvidas em acidentes, não estão tão dispostas a pagar pela redução dos riscos. O fato é que, conforme mostra o **Gráfico 14**, o número de homens condutores de veículos no Brasil no ano de 2007 é duas vezes e meio maior que o número de mulheres; os homens se acidentam 12 vezes mais que as mulheres e em média, isto representa 5,8 vezes mais acidentes por condutores do sexo masculino e 1,2 acidente por condutores do sexo feminino.

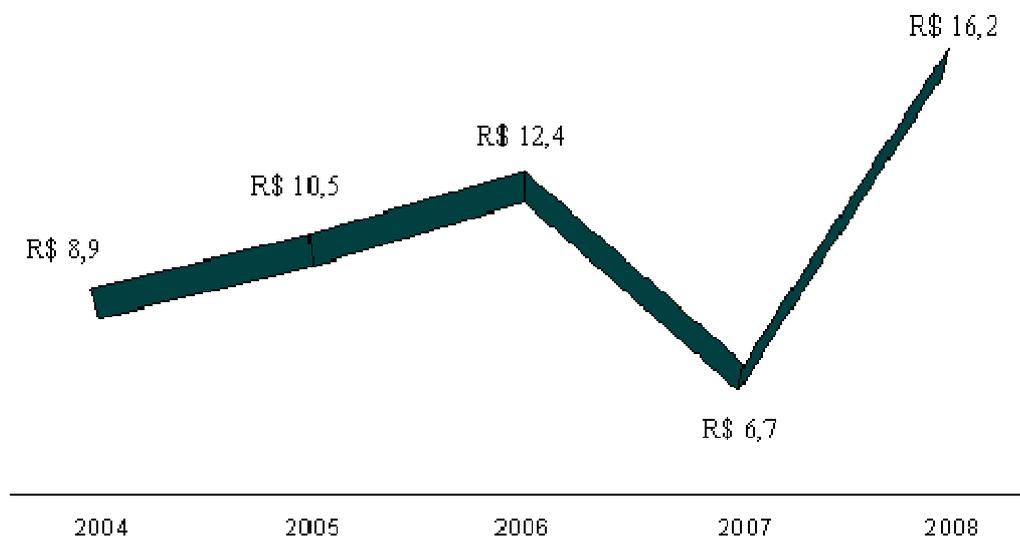
Gráfico 14 – Condutores Habilitados e Envolvidos em Acidentes - 2007



Fonte: DENATRAN, 2007 e IPEA, 2006.

■ Condutores Habilitados (Mil) ■ Condutores Envolvidos em Acidentes

Quanto à variável renda mensal, a qual indica um parâmetro muito pequeno, decidiu-se multiplicá-lo por R\$ 1 mil, a fim de que se pudesse obter um melhor ajuste para o parâmetro. Portanto, o coeficiente da renda mensal indica que, se a renda variar em 10%, o número esperado da Disposição a Pagar pela redução dos riscos de ocorrência de mais um acidente de trânsito em rodovias federais brasileira aumentará em 1%. Certamente, impactos positivos na DAP marginal acarretariam ganhos de arrecadação do IPVA, o qual apresentou a evolução demonstrada no **Gráfico 15**.

Gráfico 15 – Arrecadação de IPVA no Brasil em Valores Correntes - R\$ Bilhões

■ Fonte: Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação, 2008.

No *survey* de pesquisa foi questionado ao entrevistado sua nota entre 1 e 10 na importância de investimentos em função dos seguintes aspectos: pavimentação, sinalização, pontos de apoio, conservação e manutenção das rodovias e educação para o trânsito. De acordo com os resultados do modelo, com significância de 1% e 10%, respectivamente, os parâmetros de importância para investimentos em pontos de apoio e educação para o trânsito foram os que se mostraram estatisticamente significativos como variáveis de importância para investimentos na redução dos riscos de acidentes em rodovias federais brasileiras.

Seguindo a análise de interpretação dos parâmetros, a variação de uma nota a menos atribuída pelos usuários em relação à construção de pontos de apoio, acarreta um aumento de 0,16% no preço de DAP pela redução do risco de acidentes. Finalmente, das estimativas desses parâmetros de acordo com a variação de uma nota a menos atribuída pelos usuários das autovias em relação aos investimentos em educação para o trânsito, existe uma propensão de 0,13% no aumento da DAP pela redução dos riscos.

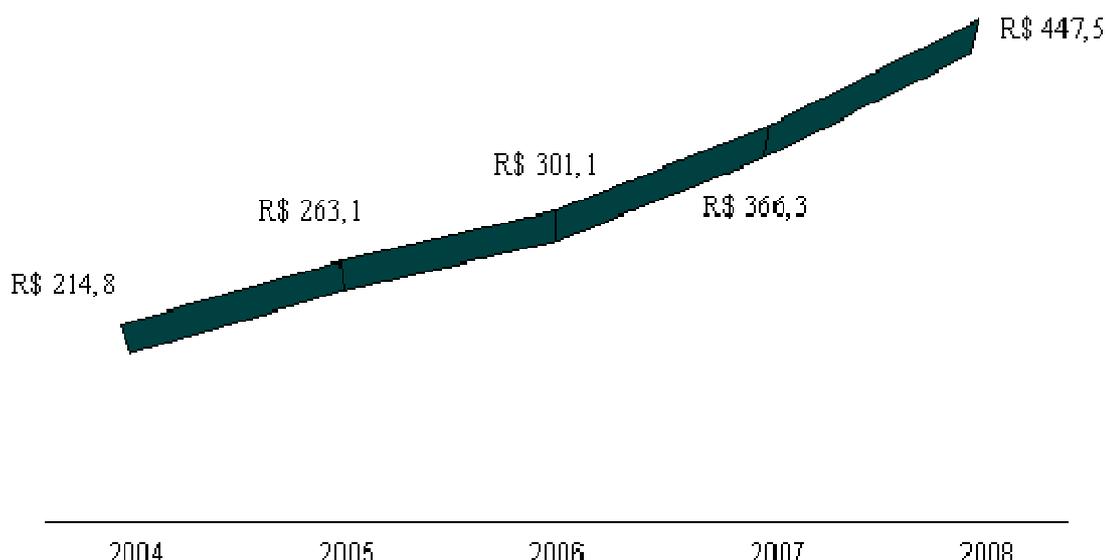
4.4 Projeções a Partir da Modelagem Econométrica

No **Quadro 4** são apresentadas as DAPs médias segregadas por UF, sexo, renda média mensal e notas para investimento em pontos de apoio e educação para o trânsito. Os preços

64% a mais que as mulheres para reduzir os riscos de acidentes de trânsito nas estradas de rodagem federais da Bahia.

Todavia, conforme é demonstrado no **Gráfico 16**, a arrecadação de IPVA no estado da Bahia foi cerca de R\$ 447,5 milhões no ano de 2008. Como a frota de veículos emplacados foi de 1,8 milhão de unidades em dezembro de 2008, tem-se uma média de R\$ 248,55 de IPVA pago por unidade na Bahia. Como homens e mulheres estão dispostos a pagar, em média, R\$ 6,73 de excedente, a média de IPVA pago por veículo aumentaria para R\$ 255,28, inferindo-se que a arrecadação no estado baiano subiria para R\$ 459,6 milhões, o que percutiria um excedente de R\$ 12,1 milhões para investimentos na construção de pontos de apoio ao longo das rodovias e em educação para o trânsito.

Gráfico 16 – Arrecadação de IPVA no Estado da Bahia no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões



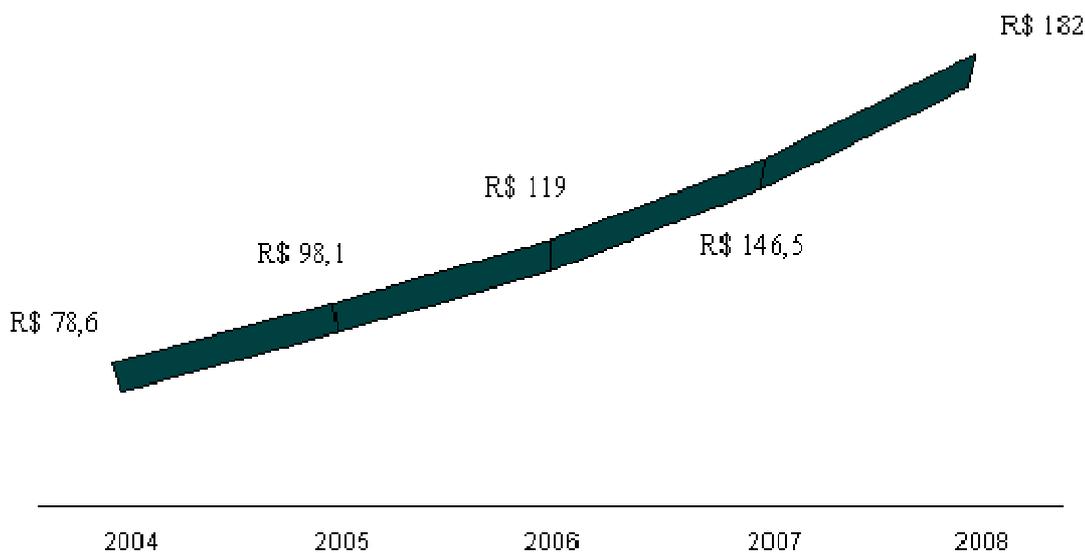
■ Fonte: Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação, 2008.

Conforme demonstrado no **Quadro 4**, no estado do Pará, onde os usuários do sexo masculino possuem, por um lado, renda média de R\$ 1,5 mil e atribuíram em média nota 7,6 para investimentos em pontos de apoio e 8,4 para investimentos em educação para o trânsito, apresentam disposição a pagar média de R\$ 6,13 pela redução dos riscos de acidentes de trânsito. Por outro lado, os usuários do sexo feminino no estado paraense declararam possuir renda média de R\$ 1 mil e atribuíram em média nota 8,5 para investimentos em pontos de apoio e 9,5 para investimentos em educação para o trânsito e estão dispostas a pagar, em

média R\$ 3,92 pela redução dos riscos de acidentes. Verifica-se uma redução de 64% em relação aos usuários do sexo masculino.

Contudo, conforme mostra o **Gráfico 17**, a arrecadação de IPVA no estado do Pará no ano de 2008 foi cerca de R\$ 182 milhões. Como a frota veículos emplacados é de 737 mil unidades, a média de IPVA pago no ano de 2008 foi de R\$ 246,94 por veículo. Como o excedente dos usuários das rodovias paraenses foi de R\$ 5,02, a média de IPVA pago por veículo aumentaria para R\$ 251,96, inferindo que a arrecadação naquele Estado subiria para R\$ 185,6 milhões, gerando um excedente de R\$ 3,7 milhões, os quais deveriam ser investidos na construção de pontos de apoio e em educação para o trânsito.

Gráfico 17 – Arrecadação de IPVA no Estado do Pará no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões



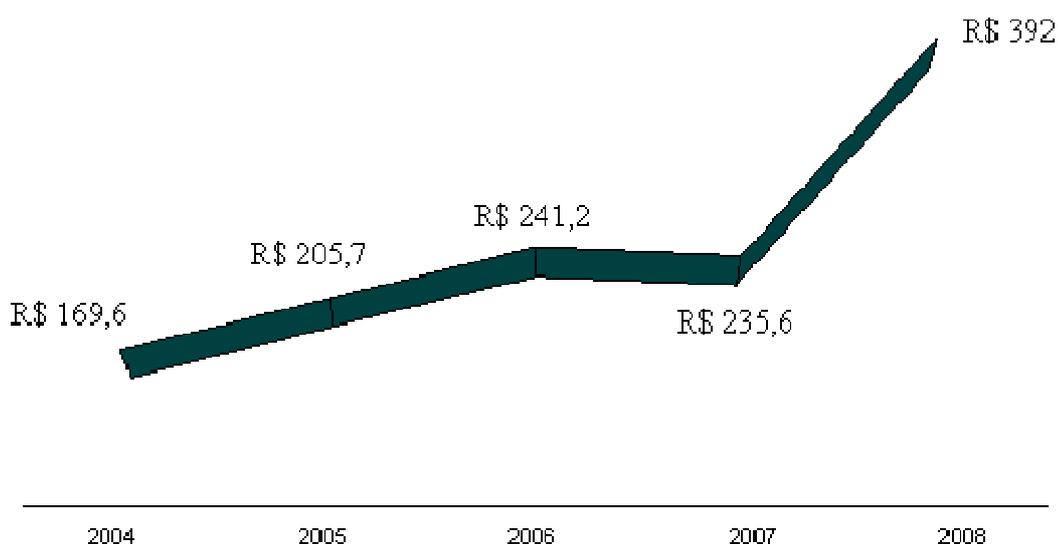
■ Fonte: Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação, 2008.

Nas simulações efetuadas para o estado de Pernambuco, apresentadas no **Quadro 4**, os usuários do sexo masculino que possuem renda média de R\$ 1,4 mil atribuíram, em média, nota 8,1 para investimentos em pontos de apoio e 8,9 em educação para o trânsito; estão em média dispostos a pagar R\$ 6,01 pela redução dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais. Os usuários do sexo feminino que tem renda média de R\$ 1 mil e atribuíram nota 10 para investimentos na construção de pontos de apoio e educação para o trânsito respectivamente, estão dispostas a pagar, em média, R\$ 3,92 de excedente pela redução dos riscos de acidentes em rodovias federais brasileiras. Conclui-se, que os homens estão

dispostos a pagar, em média, 65% a mais que as mulheres para a redução dos riscos de acidentes de trânsito nas rodovias federais pernambucanas.

Segundo a Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação no estado de Pernambuco, os valores de IPVA subiram em torno de 60% em relação ao ano de 2007, chegando em 2008 a obter recorde de arrecadação em cerca de R\$ 392 milhões, após pequena queda de 2% em relação ao ano de 2006. Com uma frota de 1,4 milhão de veículos emplacados no ano de 2008 e usuários do sexo masculino e feminino dispostos a pagar, em média, R\$ 4,96 pela redução dos riscos de acidentes, a arrecadação no Estado deveria aumentar de R\$ 279,28, em média, para cerca de R\$ 284,24 por veículo, gerando um excedente de R\$ 7 milhões para investimentos em pontos de apoio e educação para o trânsito.

Gráfico 18 – Arrecadação de IPVA no Estado de Pernambuco no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões



■ Fonte: Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação, 2008.

Concluídas as projeções individuais para os valores de DAP média, segundo UF, sexo e renda média dos entrevistados para investimentos públicos na redução dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras, foi calculada a DAP média total para todos os Estados estatisticamente significativos.

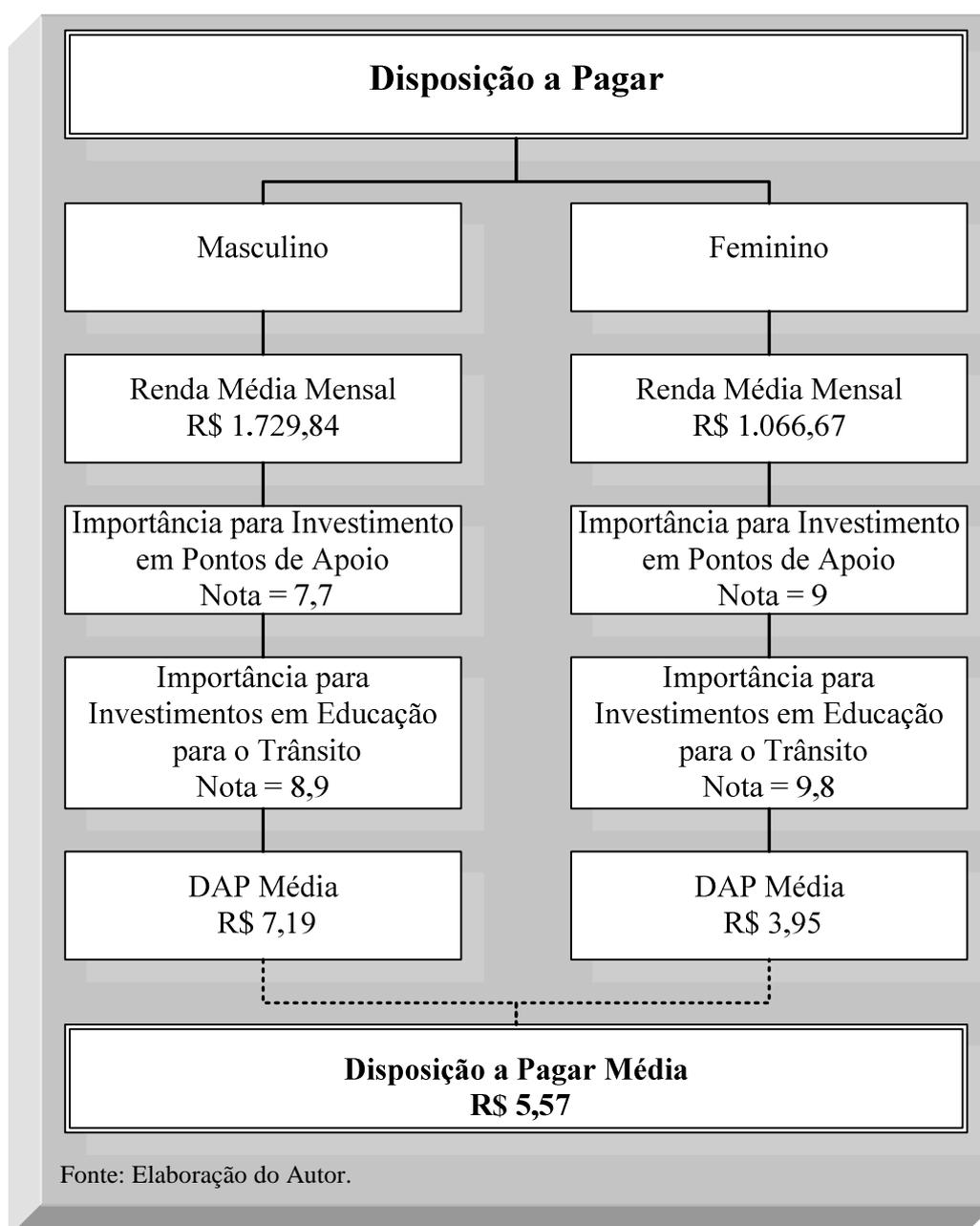
O **Quadro 5** apresenta as médias individuais dos usuários respondentes do *survey* de pesquisa.²³ Os dados revelam que os homens nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco, que possuem renda mensal média de R\$ 1,7 mil e atribuíram em média nota 7,7 para investimentos em pontos de apoio e 8,9 para investimentos em educação para o trânsito, estão

²³ Vide **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA**.

dispostos a pagar, em média, R\$ 7,19 pela redução dos riscos de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras.

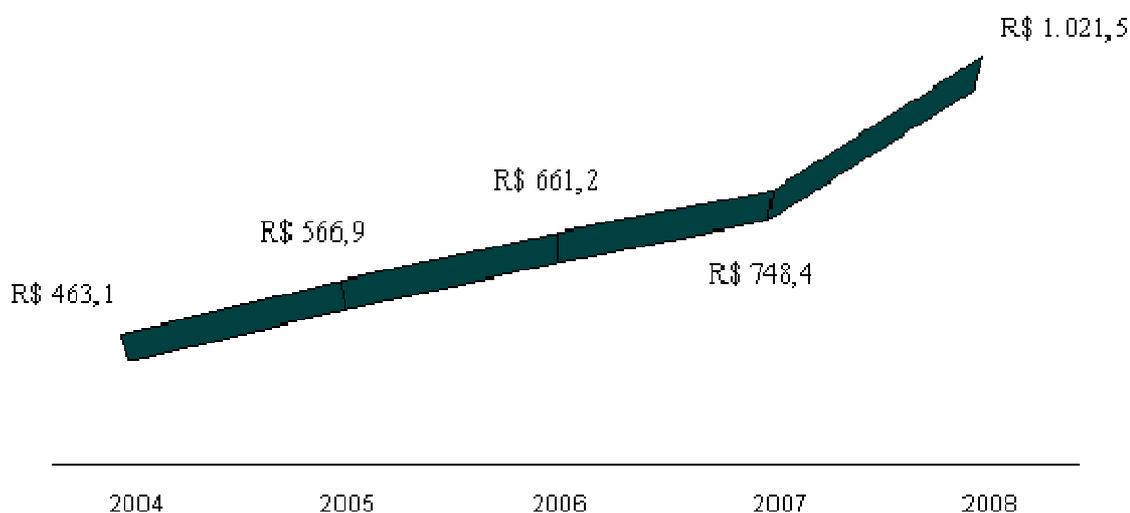
Enquanto isso, as mulheres baianas, pernambucanas e paraenses que possuem renda média de R\$ 1,06 mil e atribuíram, em média, nota 9 para investimentos em pontos de apoio e 9,8 para investimentos em educação para o trânsito, estão dispostas a pagar, em média, R\$ 3,95 pela redução dos risco da ocorrência de mais um acidente de trânsito em autovias brasileiras. A diferença entre as médias das DAPs para esses Estados representam um aumento de 55% a mais da DAP masculina em relação à DAP feminina.

Quadro 5 – Valor da Disposição a Pagar Média por Variáveis Seleccionadas, em R\$



O **Gráfico 19** mostra que os Estados em análise obtiveram arrecadação total com IPVA de R\$ 1.021,5 mil, para uma frota de 3,9 milhões de veículos emplacados em dezembro de 2008. Esses veículos pagaram, em média, R\$ 259,20 de IPVA; como o excedente dos usuários pela redução dos riscos é de R\$ 5,57, a média de arrecadação por veículo deveria ser de R\$ 264,77 e a arrecadação total de R\$ 1.043,5 mil. Observa-se um excedente de R\$ 22 milhões que deveriam ser investidos, segundo os respondentes usuários das rodovias federais brasileiras, na construção de pontos de apoio e na educação para o trânsito.

Gráfico 19 – Arrecadação de IPVA nas UFs: BA, PA e PE no Período de 2004/2008, em Valores Correntes - R\$ Milhões



■ Fonte: Secretaria de Fazenda, Finanças ou Tributação, 2008.

4.5 Resultados da Pesquisa Rodoviária

Na **Tabela 4** verifica-se a classificação das piores rodovias brasileiras, a qual mostra o porquê dos baianos, paraenses e pernambucanos serem os usuários mais dispostos a pagar pela redução dos riscos de acidentes no trânsito em rodovias federais. Dos 87 mil kms de rodovias pavimentadas pesquisados pela CNT (2007), 58 mil kms são de rodovias federais. A transversal BR-222, com 1,3 mil kms de extensão, entre Açailândia e Miranda do Norte, no estado do Maranhão, foi considerada a pior rodovia federal do Brasil. Não muito equidistante dali, a BR-030, com apenas 120 kms de extensão e que cruza os estados da Bahia, de Goiás e o Distrito Federal também foi apontada como uma das piores rodovias federais do Brasil.

Tabela 4 – Piores Rodovias do Brasil		
Ranking	Nome	Rodovia
1º	Açailândia MA - Miranda do Norte MA	BR-222
2º	Rio Verde GO - Itumbiara GO	BR-452, BR-483
3º	Curvelo MG - Ibotirama BA	BA-030/BR-030, BA-160, BR-122, BR-135, MG-122/BR-122
4º	Posse GO - Ilhéus BA	BA-030/BR-030, BA-262, BA-263, BA-349/BR-349, BA-407/BR-407, BA-415/BR-415, BA-430/BR-430
5º	Teresina PI - Barreiras BA	BR-020, BR-135, BR-235, BR-343, PI-140, PI-141/BR-324, PI-361
6º	Araguaína TO - Picos PI	BR-135, BR-230, TO-222
7º	Rio Verde GO - Iporá GO	GO-174
8º	Rio Brilhante MS - Porto Murtinho MS	BR-267, BR-419
9º	Belém PA - Guaraí TO	BR-222, PA-150, PA-151, PA-252, PA-287, PA-447, PA-475, PA-483, TO-336
10º	Maceió AL - Paulo Afonso BA	BR-104, BR-110, BR-423, BR-424, PE-177, PE-300

Fonte: CNT, 2007.

Na **Figura 1** é possível observar as principais rodovias federais que cruzam o estado da Bahia. Ao todo, foram pesquisados pela CNT (2007) 7 mil kms de rodovias federais e estaduais pavimentadas, observando os seguintes aspectos: pavimentação, sinalização, geometria da via, condições de superfície, velocidade devido à pavimentação, acostamentos, faixas centrais e laterais, placas de indicação e advertência, visibilidade do mobiliário institucional, condições de superfície e obras de arte.

Do total de 7 mil kms, 143 kms foram considerados como “ótimos” e 3,8 mil kms como ruins ou péssimos; 35% dessa extensão viária possuem trechos sem pontes / viadutos, sem acostamentos ou defensas. Uma das piores rodovias classificada pela CNT (2007) naquele Estado foi a BR-407, com 575 kms de extensão.

Figura 1 – Mapa Rodoviário Federal do Estado da Bahia



Fonte: DNIT, 2008.

No estado do Pará foram pesquisados 2,5 mil kms de extensão rodoviária federal e estadual; destes, 1,5 mil kms estão classificados pela CNT (2007) entre ruim e péssimo, segundo a pesquisa rodoviária 2007, ou seja, 62% das rodovias paraenses estão em estado precário de conservação. Das rodovias federais do estado paraense, a BR-222 é a pior em condições de trafegabilidade, sendo considerada pela CNT (2007), em 81,9% de sua extensão como péssima (**Figura 2**).

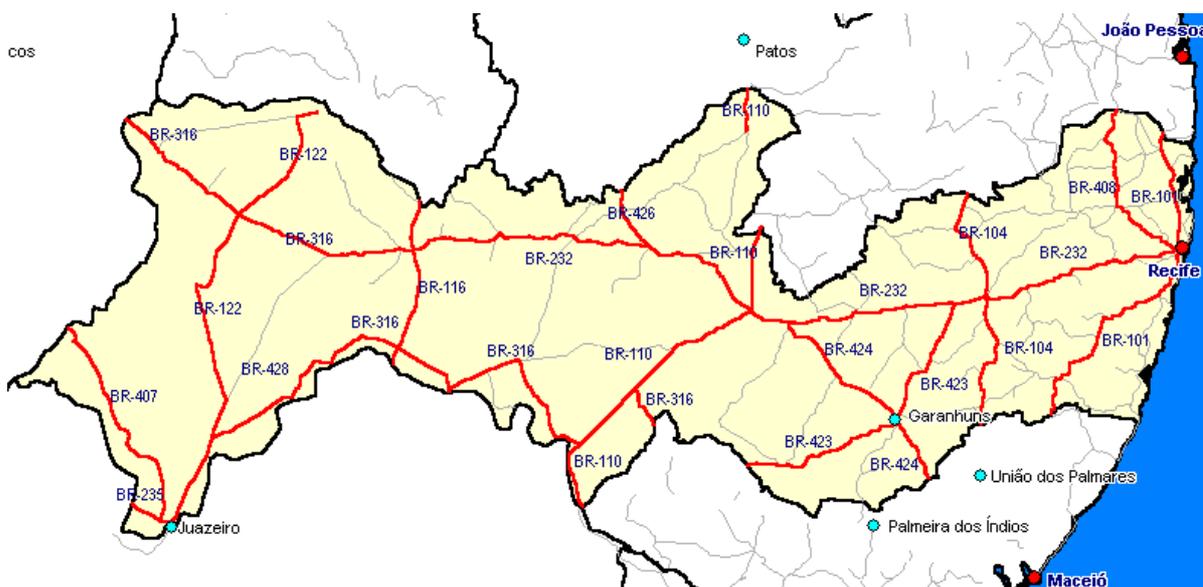
Figura 2 – Mapa Rodoviário Federal do Estado do Pará



Fonte: DNIT, 2008.

Finalmente, na **Figura 3** é possível visualizar as principais rodovias federais que cruzam o estado de Pernambuco, cuja malha viária federal e estadual perfaz o total de 3 mil kms de extensão, dos quais 2,4 mil kms estão considerados como regular, ruim ou péssimo. A principal rodovia de ligação com o estado da Bahia, a BR-116, com 4,3 mil kms de extensão, foi considerada pelos usuários entre regular e péssimo em 2,5 mil kms de extensão, ou seja, 59% da rodovia.

Figura 3 – Mapa Rodoviário Federal do Estado de Pernambuco



Fonte: DNIT, 2008.

Entre os principais problemas apontados na pesquisa da CNT (2007) em relação às rodovias federais brasileiras está a baixa oferta de infraestrutura viária, corroborada pelos resultados desta pesquisa, na qual os usuários destacaram a importância dos investimentos públicos na construção de pontos de apoio ao longo das rodovias.

A CNT (2007) fez o cadastramento quantitativo concernente às principais características das rodovias federais brasileiras, por meio do Sistema de Posicionamento Global (*Global Positioning System – GPS*), criando assim um acervo georeferenciado de dados e informações. Nesse levantamento de dados foram constatados que existem atualmente em operação 188 postos de fiscalização, 25 postos de vigilância sanitária, 85 balanças fixas e 12 móveis, 1.019 pontes e viadutos com acostamento e defensas completas, 3.709 pontes e viadutos sem acostamento ou sem defensas e 438 pontes e viadutos sem acostamento e sem defensas. A pesquisa identificou ainda longos trechos rodoviários sob tutela federal em estado crítico, isto é, 49,5% (29 mil kms) da extensão pesquisada encontram-se com o pavimento em estado regular, ruim ou péssimo; 67,1% apresentam (39,4 mil kms) sinalização com problemas e 75,4% (44,3 mil kms) não possuem boa geometria (CNT, 2007).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a CNT (2007), o fundamental é “mostrar ao país a suma importância do transporte rodoviário, pois dele dependem todos os outros elos da economia nacional”. Vale lembrar ainda que “as melhorias desejadas para o Brasil dependem da oferta satisfatória de rodovias, que sustentam as demandas do nosso potencial de crescimento econômico e integram regiões, pessoas e o próprio país no cenário mundial” (ibidem). Sob essa perspectiva, cresce cada vez mais a preocupação da sociedade com a conservação e a qualidade das rodovias. Esse fenômeno decorre da relativa escassez de boas condições de dirigibilidade, abandono das rodovias por parte do Estado, do processo natural de deterioramento rodoviário que decorre do tempo de utilização das rodovias e dos acidentes de trânsito nas áreas distantes aos grandes centros urbanos.

Conforme o estudo apresentado, os riscos de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras têm sido um problema diário e suas consequências, tanto às pessoas quanto ao meio ambiente, são incalculáveis. Para mudar essa condição, é preciso conhecer a realidade dos acidentes, pesquisar suas causas e efeitos, bem como propor e planejar políticas públicas potencialmente eficazes.

As contribuições dessa pesquisa são, principalmente: análise do comportamento humano pela redução de riscos e avaliação dos eventos nacionais e internacionais relacionados aos acidentes de trânsito, bem como do estado da arte de como outros países lidam com essa questão. Essas contribuições foram fundamentais para que se pudesse avaliar as preferências determinadas pelos usuários das rodovias e apontar soluções tecnicamente projetadas para amenizar os danos sofridos.

Esta pesquisa estimou a DAP dos usuários das rodovias federais brasileiras que sofreram algum tipo de acidente no trânsito, a fim de avaliar economicamente os riscos em função das variáveis estatisticamente selecionadas. Tratando-se de uma inovação no tratamento de microdados com uso do MVC, foi estimada a regressão de Poisson, tendo em vista que esse tipo de regressão nunca havia sido realizado com valores de DAP. Esse foi um teste de sucesso, pois os dados ajustaram-se perfeitamente ao modelo, mostrando-se consistentes as relações entre a variável dependente y e as variáveis independentes x .

Fica comprovado que os MLGs são uma forma bastante útil de modelagem econométrica para pesquisas que visem melhoras na gestão econômica do meio ambiente,

área de estudo que tem como metodologia técnicas de valoração contingente com uso da máxima DAP. Neste estudo foi utilizada a distribuição de Poisson, podendo ainda serem testadas outras distribuições da *Família Exponencial*.

Daqueles Estados, a maior predisposição a pagar para evitar o risco de ocorrer mais um acidente em rodovias federais brasileiras foi observada na Bahia, onde a malha rodoviária tem apresentado inúmeras deficiências ao longo dos últimos anos. Em segundo lugar ficou o Pará, tendo em vista que a sua malha rodoviária está localizada, em grande parte, em áreas sob forte efeito do regime de chuvas. O terceiro Estado predisposto a pagar para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito foi Pernambuco; entre as deficiências apresentadas naquele Estado estão a falta de sinalização, a má conservação das vias e a escassez de pontos de apoio ao longo das rodovias.

Fica evidente a preocupação dos cidadãos que possuem baixa escolaridade, bem mais dispostos a pagar para evitar o risco da ocorrência de mais um acidente de trânsito do que os com alto nível de instrução. Isso se deve ao fato de que os caminhoneiros, grande maioria observada com baixo nível de escolaridade e principal agente fiscalizador das autovias, são pressionados, devido a sua profissão, a se disporem a pagar mais pela redução dos riscos. Entretanto, entre aqueles que têm baixa escolaridade e afirmaram não dispostos a pagar, percebe-se que a justificativa é a falta de condições financeiras para contribuir pela redução dos riscos da ocorrência dos acidentes de trânsito, embora haja interesse em contribuir.

Importante constatação é a suscetibilidade a pagar das pessoas aposentadas e dos homens para evitar os riscos de acontecer mais um acidente de trânsito em rodovias federais brasileiras. É admissível que, por serem os condutores masculinos, na maioria dos casos, os responsáveis tanto pelo veículo quanto pelas vidas dos passageiros, sejam mais convencidos sobre a importância da segurança no trânsito do que as mulheres.

Entre as preferências por investimentos na segurança do trânsito, os usuários das rodovias estão dispostos a pagar pela redução do risco das seguintes formas: em primeiro lugar, na construção de pontos de apoio, melhorando o policiamento e as áreas de descanso ao longo das rodovias. Em segundo lugar, a maior preferência para investimentos é na educação para o trânsito. As indicações são para programas de televisão educativos e políticas públicas de conscientização, ao invés de castigar o motorista com multas de altíssimo valor, pontos na carteira, apreensão do seu veículo e / ou sua prisão.

Como foi observado, a maioria das pessoas não está disposta a pagar nada para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito.²⁴ Entre as justificativas estão a excessiva carga tributária cobrada no Brasil e o pensamento de que o dinheiro arrecadado seria utilizado na corrupção. Apesar disso, um valor médio foi estimado e aceito pelos usuários das rodovias federais nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco, com um excedente médio do consumidor de R\$ 5,57 a pagar, acima dos valores já pagos no IPVA dos veículos. Sendo o total geral do excedente nesses Estados de R\$ 22 milhões, essa receita extra é o que deveria ser investido para a construção de pontos de apoio e educação para o trânsito.

Desta forma, é preciso tentar recuperar o que foi perdido em termos de bem-estar físico e psicológico dos usuários das rodovias brasileiras e implantar projetos que visem atingir índices estatísticos de trânsito comparáveis aos países mais avançados do mundo em infraestrutura rodoviária e educação para o trânsito. No Brasil, contam-se representados em fóruns consultivos e câmaras temáticas diversos órgãos de trânsito, que têm como principal função auxiliar o planejamento de programas e políticas públicas que minimizem os riscos da ocorrência de mais um acidente de trânsito em rodovias brasileiras. Todavia, ações com esse propósito já vêm sendo adotadas ao longo do tempo, como a concessão de rodovias ineficientes ao setor privado e a conclusão de estudos técnico-científicos para a criação de políticas públicas eficazes. Algumas ações estão em fase de planejamento pelos diversos órgãos de trânsito responsáveis, tais como programas educativos e de conscientização a crianças e adultos. Outras estão sendo concluídas, como o alargamento de faixas de rolamento e a revitalização da sinalização.

Isto é apenas o primeiro passo em direção à instauração de rodovias sustentáveis. Entretanto, levando-se em consideração que a malha rodoviária brasileira possui extensão de mais de 87 mil kms, algumas sem qualquer tipo de sinalização ou pavimentação, essas ações são insuficientes e precisam ainda ser melhoradas. Novas pesquisas devem ser implementadas e comparações necessitam ser efetuadas entre as melhores rodovias. De acordo com a CNT (2007) as dez melhores estão no estado de São Paulo e as piores espalhadas por todo o território brasileiro, que possui 8.514.876,599 km² de área total.²⁵ Tendo em vista a imensidão territorial brasileira, torna-se essencial o acompanhamento e a fiscalização constante e direta sobre as pesquisas e edificações em andamento, bem como a troca de conhecimentos entre os diversos agentes interessados nos problemas de trânsito.

²⁴ Vide **Capítulo 4**.

²⁵ A área territorial oficial em vigor, é a constante da Resolução da Presidência do IBGE nº 5 (R.PR-5/02) de 10 de outubro de 2002, publicada no Diário Oficial da União em 11 de outubro de 2002.

A riqueza de informações propiciadas pela avaliação econômica dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras servirá de subsídio para direcionar políticas públicas em função da redução dos mesmos. Essas políticas devem ser específicas e consistentes, principalmente aquelas voltadas à revitalização do transporte, à renovação da frota de veículos; à fiscalização ao longo de toda extensão rodoviária e, principalmente, a programas de educação no trânsito. Além disso, devem ter como objetivo melhorar a eficiência e a eficácia na gestão das rodovias federais, estaduais e municipais.

Ressalta-se a importância deste trabalho de pesquisa pelo seu caráter inédito na avaliação econômica dos riscos de acidentes de trânsito, com estimativa da DAP. O objetivo é que possa servir de subsídio para outras investigações na área da economia ambiental, ampliando a possibilidade de pesquisas realizadas sobre essa temática. Além disso, outros estudos a respeito desse tema devem ser abordados em pesquisas futuras, optando-se pela utilização de outras distribuições estatísticas, a fim de que se possa fazer conferências e obter melhores estimadores.

Conclui-se que o comportamento humano é o fator mais crítico na avaliação econômica dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras, o que exige sistemas sofisticados e eficientes de análise sobre como as pessoas declaram suas preferências. O *Modelo de Regressão de Poisson* foi apenas uma parte do sistema de avaliação e gerenciamento de risco, com foco no comportamento humano, a fim de evitar que mais acidentes de trânsito ocorram. Todavia, é necessário lembrar-se das condições dos veículos, das autovias e do aparato institucional como elementos do sistema de gestão de risco no trânsito.

6 REFERÊNCIAS

ABIQUIM, Departamento Técnico, Comissão de Transportes. *Manual para atendimento de emergências com produtos perigosos*. 4 Ed. São Paulo: 270 p. 2002.

ADAMOWICZ, W.; BOXALL, P.; WILLIAMS, M.; LOUVIERE, J. *Stated preference approaches to measuring passive use values: choice experiments versus contingent valuation*. Mimeo, Department of Rural Economy, University of Alberta, Canada. *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 80, p. 64-75, 1998.

AIACHE, R.R. *Uso de instrumentos econômicos para valoração de parques nacionais: os casos do Parque Nacional de Brasília e do Parque Nacional do Iguaçu*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Economia, Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente – UnB. Brasília, 2003.

ALBERINI, A.; CROPPER, M.; KRUPNICK, A.; SIMON, N. *Does the value of a statistical life vary with age and health status? Evidence from the US and Canada*. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 48, p. 769-792, 2004.

ALICE-Web – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet. Disponível em: <http://www.desenvolvimento.gov.br>.

ANTT – Agência Nacional de Transporte Terrestre. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/>.

ARMANTIER, O.; TREICH, N. *Social willingness to pay, mortality risks and contingent valuation*. *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 29, no. 1, p. 7-19, 2004.

ARROW, Kenneth; SOLOW, Robert; PORTNEY, Paul R.; LEAMER, Edward E.; RADNER, Roy; SCHUMAN, Howard. *Relatório do Painel da Administração Nacional, Oceânica e Atmosférica Sobre o Método de Valoração Contingente*. Tradução Livre de: Marcelo Teixeira da Silveira, 2007. The National Archives, USA. Federal Register, vol. 58, no. 10, p. 4601-4614, 1993.

ASANO, M.; TANABE, S.; HARA, F.; YOKOHAMA, S. *Economic evaluation of banning studded tires because of environmental impact. Transportation Research Record*, no. 1794, p. 84-93, 2002.

ATIKINSON S. E.; HALVORSEN R. *The valuation of risks to life: evidence from the market for automobiles. Review of Economics and Statistics*, vol. 72, no. 1, p. 133-136, 1990.

BACCHIERI, Giancarlo; GIGANTE, Denise Petrucci; ASSUNCAO, Maria Cecília. *Determinants and patterns of bicycle use and traffic accidents among bicycling workers in Pelotas, Rio Grande do Sul, Brazil. Caderno Saúde Pública*, vol. 21, no. 5, p. 1499-1508, 2005.

BAUMOL, William J.; OATES, Wallace E. *Economics, environmental policy and the quality of life*. New Jersey: Prentice-Hall, p. 230-245, 1979.

BEATTIE, J.; COVEY, J.; DOLAN, P.; HOPKINS, L.; JONES-LEE, M.; LOOMES, G.; PIDGEON, N.; ROBINSON, A.; SPENCER, A. *On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 1 - Caveat Investigator. Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 17, p. 5-25, 1998.

BLAEIJ, A.; FLORAX, R.; RIETVELD, P.; VERHOEF, E. *The value of statistical life in road safety: a meta-analysis. Accident Analysis and Prevention*, vol. 35, p. 973-986, 2003.

BOYER, M.; DIONNE, G. *The economics of road safety. Transportation Research. Part B*: vol. 21, p. 413-431, 1987.

BOXALL, P.C.; ADAMOWICZ, W.L.; SWAIT, J.; WILLIAMS, M.; LOUVIERE, J. *A comparison of stated preference methods for environmental valuation. Ecological Economics*, vol. 18(3), p. 243-253, 1996.

CARLSSON, Fredrik; JOHANSSON-STENMAN, Olof; MARTINSSON, Peter. *Is transport safety more valuable in the air? Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 28, issue 2, p. 147-163, 2004.

CARTHY, T.; CHILTON, S.; COVEY, J.; HOPKINS, L.; JONES-LEE, M.; LOOMES, G.; PIDGEON, N.; SPENCER, A. *On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 2 - The CV/SG "Chained" Approach. Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 17, no. 3, p. 187-213, 1999.

CIRIACY-WANTRUP, S. V. *Capital returns from soil-conservation practices*. Presented at the annual meeting of the American Farm Economic Association, Green Lake, Wisconsin, Sep. 9, paper no. 122. Giannini Foundation of Agricultural Economics, p. 1181-1202, 1947.

CETESB – *Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental*. 2004. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>.

_____. 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>.

CNT – *Confederação Nacional dos Transportes*. Pesquisa Rodoviária 2007 – Relatório Gerencial. Brasília: CNT, 2007.

CONTADOR, Cláudio Roberto. *Avaliação social de projetos*. 3 Ed. São Paulo: Atlas, 301 p., 1981.

COSTA, Silvano Cesar da. *Modelos lineares generalizados mistos para dados longitudinais*. Tese de doutorado. Estatística e Experimentação Agrônômica, Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz” – USP. Piracicaba, 110 p. 2003.

CROPPER, Maureen L.; OATES, Wallace E. *Environmental economics: a survey. Journal of Economic Literature*, 675 p., 1992.

DESPONTIN, M.; BRUCKER, K.; COECK, C.; VERBEKE, A. *The economic evaluation of road safety in the European Union*. Directorate General VII, Luxembourg, 1998.

DNIT - *Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes*. 2008. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/>.

DREYFUS, Mark K.; VISCUSI, W. Kip. *Rates of time preference and consumer valuations of automobile safety and fuel efficiency*. *Journal of Law and Economics*, vol. 38, issue 1, p. 79-105, 1995.

DUBOURG W. R.; JONES-LEE, M.W.; LOOMES G. *Imprecise preferences and the WTP-WTA disparity*. *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 9, p. 115-133, 1994.

EARNHART, Dietrich. *Do travel cost models value transportation properly?* *Transportation Research*. Part D: Transport and Environment, no. 8, p. 397-414, 2003.

ECKTON, G. D. C. *Road-user charging and the Lake District National Park*. *Journal of Transport Geography*, vol. 11, p. 307-317, 2003.

ENDER, P. *Applied categorical & nonnormal data analysis: Poisson models*. Class Notes UCLA California, 2002. Disponível em: <http://www.gseis.ucla.edu/courses/ed231c/notes1/pois1.html>.

ELVIK, R. *An analysis of official economic valuations of traffic accident fatalities in 20 motorized countries*. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 27 (2), p. 237-247, 1995.

FARIA, Ricardo Coelho; NOGUEIRA, Jorge Madeira. *Método de valoração contingente: aspectos teóricos e testes empíricos*. Brasília, 1998. (Mimeo).

FORKENBROCK, David J. *External costs of intercity truck freight transportation*. *Transportation Research*. Part A: vol. 33, p. 505-526, 1999.

GERKIN S.; DEHANN, M.; SCHULZE, W.D. *The marginal value of job safety: a contingent valuation study*. *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 1, p. 185-199, 1988.

GRAHAM, Parkhurst. *Air quality and the environmental transport policy discourse in Oxford*. *Transportation Research*. Part D: Transport and Environmental, vol. 9, issue 6, p. 419-436, 2004.

GREENE, William H. *Econometric analysis*. 5 Ed. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

HANEMANN, W. Michael. *Welfare evaluations in contingent valuation experiments with discrete responses*. *American Journal of Agricultural Economics*. Berkeley, vol. 66, no. 3, p. 333-341, 1984.

HANLEY, Nick; SPASH, Clive L. *Cost-benefit analysis and the environment*. Hants, Inglaterra: Edward Elgar, 278 p., 1993.

HANLEY, N; MACMILLAN, D.; WRIGHT, R.; BULLOCK, C.; SIMPSON, I.; PARSSION, D.; CRABTREE, R. *Contingent valuation versus choice experiments: estimating the benefits of environmentally sensitive areas in Scotland*. Paper presented at the 8th Annual Conference of the European Association of Environmental and Resource Economists, p. 26-28, 1997.

HENDERSON, Hubert. *A oferta e a procura*. 2 Ed. Rio de Janeiro: Zahar, 156 p., 1964.

HENSHER, David A.; SULLIVAN, Charles. *Willingness to pay for road curviness and road type*. *Transportation Research*. Part D: vol. 8, p. 139-155, 2003.

HOJMAN, P.; ORTÚZAR, J.; RIZZI, L. *On the joint valuation of averting fatal and severe injuries in highway accidents*. *Journal of Safety Research*, no. 36, p.377-386, 2005.

IRAGÜEN, Paula; ORTÚZAR, Juan de Dios. *Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: an Internet-based Web page stated preference survey*. *Accident Analysis and Prevention*, vol. 36, p. 513-524, 2004.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras – Relatório Final – Brasília* : IPEA/DENATRAN/ANTP, 244 p., 2006.

JØRGENSEN, Bent. *Exponential dispersion models*. *Journal of the Royal Statistical Society, Serie B (Methodological)*, vol. 49, no. 2, p. 127-162, 1987.

_____. *The theory of dispersion models*. Chapman & Hall, 225 p. 1996.

KAHNEMAN D.; KNETSCH J.L. *Valuing public goods: the purchase of moral satisfaction*. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 22, p. 57-70, 1992.

KNETSCH, Jack L.; DAVIS, Robert K. Comparisons of methods for recreation evaluation. In: DORFMAN, Robert; DORFMAN, Nancy S. *Economics of the environment: selected readings*. 3ª ed., New York: W.W. Norton & Company, 1993.

KIDOKORO, Yukihiro. *Cost-benefit analysis for transport networks: theory and application*. *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 38, issue 2, p. 275-307, 2004.

MARTINS, Lourdes Conceição; LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira; CARDOSO, Maria Regina Alves; GONÇALVES, Fábio Luiz Teixeira Gonçalves; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; BRAGA, Alfésio Luís Ferreira. *Air pollution and emergency room visits due to pneumonia and influenza in São Paulo, Brazil*. *Revista Saúde Pública*, vol. 36, no.1, p. 88-94, 2002.

MAY, P.; LUSTOSA, M.C.; VINHA, V. (orgs.). *Economia do Meio Ambiente: Teoria e Prática*. Rio: Ed. Campus, 2003.

MAYERES, Inge. *Taxes and transport externalities*. Working Paper Series n° 2002-11, p. 1-17, 2002.

McCULLAGH, P.; NELDER, J. A. *Generalized linear models*. 3 Ed. New York: Chapman and Hall/CRC. Reprint, 2000.

McDANIELS, Timothy L. *Reference points, loss aversion, and contingent values for auto safety*. *Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 5, no. 2, p. 187-200, 1992.

McFADDEN, Daniel; LEONARD, Gregory K. Issues in the contingent valuation of environmental goods: methodologies for data collection and analysis. In: HAUSMAN, Jerry A. *Contingent valuation: a critical assessment*. Amsterdam: North-Holland, 1996.

MILLER, T. *Variations between countries in values of statistical life*. *Journal of Transport Economics and Policy*, no. 34 (Part 2), p. 169-188, 2000.

MITCHELL, Robert Cameron; CARSON, Richard T. *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Washington: Resource for the Future, 1993.

MOTTA, Ronaldo Serôa da. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Brasília: MMA, 1998c.

MUELLER, Charles Curt. *Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente*. Brasília: UnB: Finatec, 2007.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. *Generalized linear models*. *Journal of Royal Statistical Society*, vol. 135, p. 370-384, 1972.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A.; ARRUDA, F. S. *Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?* *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, v. 17, n. 2, 1998.

NORINDER, Anna; HJALTE, Krister; PERSSON, Ulf. *Scope and scale insensitivities in a contingent valuation study of risk reductions*. *Health Policy*, vol. 57, p. 141-153, 2001.

ORTÚZAR, Juan de Dios. *Modelling route and multimodal choices with revealed and stated preference data*. Stated preference modelling techniques. Perspectives 4. London' PTRC. 2000.

PEARCE, D.W.; TURNER, R. K. *Economics of natural resources and the environment*. 9^o reprint, Nova York: Harvester Wheatsheaf, 1994.

PEARCE, D; MORAN, D. *O valor econômico da biodiversidade*. Lisboa: Instituto Piaget, 1994.

PERSSON, Ulf. *Relative risk values of non-fatal traffic injuries: a comparison between contingent valuation, risk-risk trade off and standard gamble methods*. *Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik / Swiss Journal of Economics and Statistics*, vol. 137, issue 1, p. 117-128, 2001.

PERSSON, U; NORINDER, A.; HIALTE, K.; GRALÉN, K. *The value of a statistical life in transport: findings from a new contingent valuation study in Sweden. Journal of Risk and Uncertainty*, vol. 23, no. 2, p. 121-134, 2001.

PERSSON, U; MARASTE, Pia; TRAWÉN, Anna. *International comparison of costs of a fatal casualty of road accidents in 1990 and 1999. Accident Analysis and Prevention*, vol. 34, p. 323-332, 2002.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. *Microeconomia básica*. 4ª Ed. São Paulo: Makron Books, 1999.

RIZZI, Luis Ignacio. *Diseño de instrumentos económicos para la internalización de externalidades de accidentes de tránsito. Cuadernos de Economía*, vol. 42, p. 283-305, 2005.

RUSSO, Suzana Leitão. *Gráficos de Controle para Variáveis Não-Conformes Autocorrelacionadas*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFSC. Florianópolis, 166 p. 2002.

SÆLENSMINDE, Kajartan. *Stated choice valuation of urban traffic air pollution and noise. Transportation Research. Part D: Transport and Environment*, vol. 4, p. 13-27, 1999.

SCHKADE, D.; PAYNE, J. *How people respond to contingent valuation questions: a verbal protocol analysis of willingness to pay for an environmental regulation. Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 26, p. 89-109, 1994.

SECRETARIA DE FAZENDA, FINANÇAS OU TRIBUTAÇÃO, 2008. Disponível em: <http://www.fazenda.gov.br/confaz>.

SIPES, Kristin; MENDELSON, Robert. *The effectiveness of gasoline taxation to manage air pollution. Ecological Economics*, vol. 36, issue 2, p. 299-309, feb. 2001.

SOARES, Thereza; FERREIRA, Ricardo. *Applications of the Poisson-Boltzmann equation to the calculation of pH-dependent properties in proteins. Química Nova*, vol. 27, no. 4, p.640-647, July/Aug. 2004.

THALER, Richard; ROSEN, Sherwin. The value of saving a life: evidence from the market. In: *Household production and consumption*. Ed.: Nestor E. Terleckyj. Cambridge: NBER, p. 265-298, 1976.

VARIAN, Hal R. *Microeconomia – princípios básicos*. 7ª Ed., São Paulo: Campus, p. 840, 2006.

VIEIRA, Afrânio M. C. *Introdução aos modelos de dispersão*. Piracicaba: LCE-ESALQ-USP, 1997.

VISCUSI, W. Kip. *The value of risks to life and health*. *Journal of Economic Literature*, vol. 31, no. 4, p. 1912-1946, 1993.

VISCUSI, W; MAGAT W. A.; HUBER J. *Pricing environmental health risks: survey assessment of risk-risk and risk-dollar trad-offs for chronic bronchitis*. *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 21, no. 1, p. 32-51, 1991.

WALTON, D.; THOMAS, J.A.; CENEK, P.D. *Self and others' willingness to pay for improvements to the paved road surface*. *Transportation Research*. Part A: Policy and Practice, vol. 38, p. 483-494, 2004.

WILSON, N.; THOMSON, G. *Deaths from international terrorism compared with road crash deaths in OECD countries*. *Injury Prevention*, vol. 11, p. 332-333, 2005.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introdução à econometria: uma abordagem moderna*. 5ª Ed., São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA²⁶

²⁶ Esse questionário de pesquisa foi elaborado e testado pelo autor deste trabalho e posteriormente repassado à empresa TecnoMetrica Estatística Ltda. Essa empresa foi contratada por meio do projeto “Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras” para calcular a amostra, executar a referida pesquisa, preparar e realizar a consistência do banco de dados.

VETOR DE VARIÁVEIS SOCIOECONÔMICAS

1. Qual a sua idade? _____
2. Qual o seu sexo? M – F
3. Sua renda mensal atual é? R\$ _____
4. Qual o seu estado civil?
 - 4.1. Solteiro
 - 4.2. Casado
 - 4.3. Divorciado
 - 4.4. Viúvo
5. Qual a sua situação empregatícia?
 - 5.1. Empregado
 - 5.2. Autônomo
 - 5.3. Do Lar
 - 5.4. Estudante
 - 5.5. Aposentado
 - 5.6. Desempregado
6. Qual o seu nível de instrução?
 - 6.1. Analfabeto
 - 6.2. Semi-Analfabeto
 - 6.3. Ensino Fundamental
 - 6.4. Ensino Médio
 - 6.5. Ensino Superior
 - 6.6. Sem Informação
7. Quantos filhos você tem? _____
8. Qual a sua relação com o acidente?
 - 8.1. Pedestre
 - 8.2. Condutor
 - 8.3. Passageiro
 - 8.4. Proprietário do Veículo
 - 8.5. Proprietário da Carga
 - 8.6. Parente de vítima fatal ou menor
 - 8.7. Outros

VETOR DE VARIÁVEIS PREFERENCIAIS

9. Alguns itens das rodovias são importantes aspectos no que se refere ao número de acidentes de trânsito: atribuindo uma nota de 1 (sem importância) a 10 (fundamental), quanto você avalia os seguintes itens:
- a. Conservação da Pavimentação _____
 - b. Estado da Sinalização _____
 - c. Pontos de Apoio (Polícia, Borracharias, Postos de Abastecimento) _____
 - d. A Conservação e a Manutenção Geral das Rodovias _____
 - e. A Educação para o Trânsito _____
10. Qual a ordem de importância, (de 1-maior para 5-menor) em investimentos na segurança do trânsito nos seguintes quesitos?
- a. Em Função da Pavimentação _____
 - b. Em Função da Sinalização _____
 - c. Em Função de Pontos de Apoio _____
 - d. Em Função da Conservação e Manutenção das Rodovias _____
 - e. Em Função da Educação para o Trânsito _____
11. De 1 (menor) a 10 (maior) qual a importância de investimentos em:
- a. Pavimentação _____
 - b. Sinalização _____
 - c. Pontos de Apoio (Polícia, Borracharias, Postos de Abastecimento) _____
 - d. Conservação e a Manutenção Geral das Rodovias _____
 - e. Educação para o Trânsito _____

DAP PARA EVITAR O RISCO DE ACIDENTE NO TRÂNSITO

12. Um acidente rodoviário causa diversos transtornos tanto a você quanto aos seus familiares, como perdas no trabalho, preocupação com a família, danos ao meio ambiente, entre outros. Entretanto, pagar uma taxa específica certamente pode reduzir o risco de mais um acidente de trânsito. Esta taxa seria adicionada ao valor do IPVA do veículo e traria um benefício maior em função de um investimento público na pavimentação, sinalização, pontos de apoio, na conservação e manutenção das rodovias e na educação para o trânsito. Tendo em vista que você sofreu um acidente, quanto você estaria **DISPOSTO A PAGAR** para evitar o risco de acontecer mais um acidente de trânsito?

1	Pagaria R\$ _____ (valor do IPVA)?	5	Pagaria R\$ _____ (10% do valor do IPVA)?
2	Pagaria R\$ _____ (50% do valor do IPVA)?	6	Pagaria R\$ _____ (5% do valor do IPVA)?
3	Pagaria R\$ _____ (25% do valor do IPVA)?	7	Pagaria R\$ _____ (2% do valor do IPVA)?
4	Pagaria R\$ _____ (12,5% do valor do IPVA)?	8	Não pagaria nada

13. Se paga condicionalmente ou não paga nada, por quê?

APÊNDICE B – RESULTADOS ECONOMÉTRICOS

MODELO DE REGRESSÃO DE POISSON

The SAS System 18:10 Tuesday, september 10, 2008 1

The GENMOD Procedure

Model Information

Data Set	WORK.MODELO	
Distribution	Poisson	
Link Function	Log	
Dependent Variable	ValorDAP	ValorDAP

Number of Observations Read	299
Number of Observations Used	280
Missing Values	19

Class Level Information

Class	Levels	values
UF	4	8 14 15 99
Sexo	2	1 2
EstadoCivil	2	4 99
SituacaoEmprego	2	6 99
RelacaoAcidente	2	2 99
NivelInstrucao	2	3 99
OrdemConservacaoPavi	2	3 99
OrdemEstadoSinalizac	2	2 99
OrdemPontosApoio	2	2 99
OrdemManutencaoGeral	2	1 99
OrdemEducacaoTransit	3	3 5 99

Criteria For Assessing Goodness Of Fit

Criterion	DF	Value	Value/DF
Deviance	272	38263.2378	140.6737
Scaled Deviance	272	272.0000	1.0000
Pearson Chi-Square	272	83159.7416	305.7343
Scaled Pearson X2	272	591.1536	2.1734
Log Likelihood		321.6924	

Algorithm converged.

Analysis Of Parameter Estimates

Parameter	DF	Estimate	Standard Error	Wald	95% Confidence Limits	Chi-Square	Pr > ChiSq
Intercept	1	-1.1492	0.9946	-3.0986	0.8002	1.34	0.2479
UF	8	2.9902	0.2512	2.4979	3.4826	141.70	<.0001
UF	14	1.1450	0.3282	0.5018	1.7883	12.17	0.0005
UF	15	1.0802	0.3541	0.3861	1.7743	9.30	0.0023
UF	99	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Sexo	1	1.7109	0.4914	0.7477	2.6740	12.12	0.0005
Sexo	2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Renda	1	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	4.10	0.0429
ImportanciaPontosApo	1	0.1634	0.0661	0.0338	0.2930	6.11	0.0135
ImportanciaEducacaoT	1	0.1375	0.0860	-0.0311	0.3060	2.56	0.1099
Scale	0	11.8606	0.0000	11.8606	11.8606		

NOTE: The scale parameter was estimated by the square root of DEVIANCE/DOF.

APÊNDICE C – APRESENTAÇÃO DA DEFESA DA DISSERTAÇÃO

SLIDES



UnB – Universidade de Brasília
FACE – Faculdade de Eco, Adm, Contabil e
Ciência da Informação e Documentação

Valoração dos Riscos de Acidentes de Trânsito em Rodovias Federais Brasileiras

Marcelo Teixeira da Silveira
Mestrando em Gestão Econômica do Meio Ambiente

24 de Outubro de 2008

Sumário

1. Introdução;
2. Acidentes de Trânsito, Externalidades e Valoração Econômica: Elos na Literatura;
3. Métodos e Técnicas de Pesquisa para Evitar o Risco de Acidentes de Trânsito;
4. Percepção da DAP para Evitar o Risco de Acidentes de Trânsito;
5. Considerações Finais; e
6. Referências.

1. Introdução

- Acidente de trânsito é todo desastre que envolve um veículo usado no transporte de pessoas e/ou de mercadorias de um lugar para outro.
- Sua anatomia compreende:
 1. Pessoas;
 2. Veículos;
 3. A via e o ambiente;
 4. Aparato institucional; e
 5. Aspectos sócio-ambientais.
- Criar subsídios para a tomada de decisões e implementação de ações.

1.1. Problemática, Problema e Objetivo

- Discutir a problemática dos acidentes de trânsito e suas interfaces com aspectos relacionados ao meio ambiente onde eles ocorrem.
- O objetivo é estimar uma função de demanda por reduções no risco de acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras.
- Quais as variáveis que auxiliam no estabelecimento de política pública para evitar o risco de ocorrer um acidente de trânsito marginal nas rodovias federais brasileiras?

2. Acidentes de Trânsito, Externalidades e Valoração Econômica: Elos na Literatura

- Todo recurso (ambiental ou não) possui um valor intrínseco (MAY *et alii*, 2003, p.83).
- A mensuração desse valor é feita com base no desejo das pessoas, ou seja, suas preferências individuais (NOGUEIRA *et alii*, 1998, p. 7).
- $DAP = \text{Preço de mercado (P*)} + \text{Excedente do Consumidor (EC)}$ (NOGUEIRA *et alii*, 1998, p. 7).
- O principal objetivo da valoração econômica é estimar os custos sociais da utilização dos bens públicos, bem como os benefícios sociais proporcionados por esses recursos (MAY *et alii*, 2003, p.82).
- Os métodos de valoração diretos estimam as preferências individuais por bens e serviços a partir de perguntas feitas com base em um questionário formulado e aplicado diretamente ao público (MAY *et alii*, 2003, p.95).

2. Acidentes de Trânsito, Externalidades e Valoração Econômica: Elos na Literatura

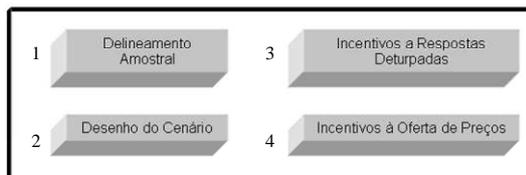
- Nessa categoria o MVC identifica, em termos da DAP ou DAR, as preferências individuais de uma amostra da população em relação a bens que não são comercializados no mercado. Para isso, cria-se um mercado hipotético para o recurso com todas as suas características, que também são passadas aos entrevistados. O mercado contingente deve incluir, além do recurso objeto do estudo, o contexto institucional no qual ele será fornecido e a forma como será financiado (PEARCE; TURNER, 1994).
- Forkenbrock (1999, p. 505) estimou em algumas cidades EUA que o custo de um tipo particular de acidente (frete de caminhões) é a quantidade que uma pessoa estaria DAP para reduzir o risco desse acontecimento.
- Os custos *per capita* em acidentes fatais custam em média US\$ 2,9 milhões; acidentes que ocorram ferimentos pessoais US\$ 56,2 mil e para danos à propriedade privada US\$ 2,1 mil. A externalidade dos acidentes se iguala a US\$ 0,59 por tonelada-milha (FORKENBROCK, 1999, p. 512).

2. Acidentes de Trânsito, Externalidades e Valoração Econômica: Elos na Literatura

- Para Hojman *et alii* (2005, p. 378) o bem público em questão é a esquivas de uma fatalidade, este valor é sempre conhecido como o valor das reduções do risco. A partir daí projeta-se o levantamento de roteiros de escolha determinada da preferência para investimento em políticas públicas a fim de evitar o risco da ocorrência marginal dos acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras.

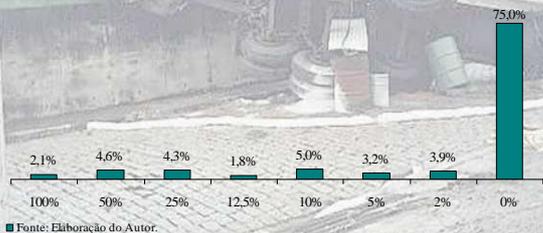
3.1. Materiais e Métodos da Pesquisa

Quadro 2 – Potenciais Vieses Relacionados ao MVC.



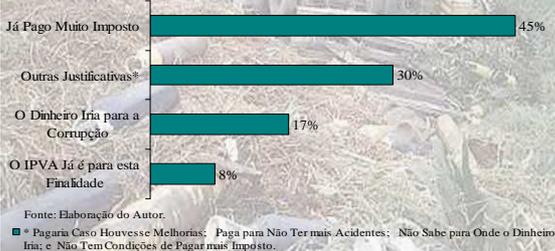
4.1. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 1 – Percentual da Distribuição da Disposição a Pagar dos Entrevistados.



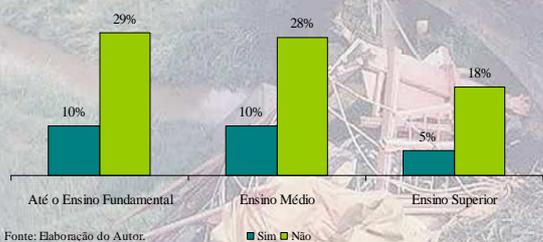
4.1. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 6 – Justificativas para a Não Disposição a Pagar.



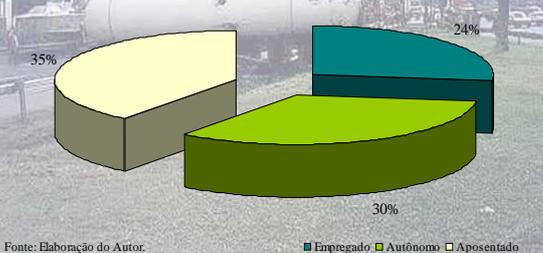
4.1. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 2 – Distribuição dos Entrevistados por Grau de Instrução.



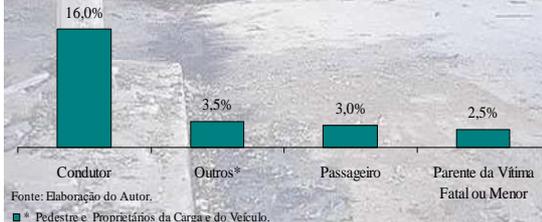
4.1. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 3 – Disposição a Pagar por Situação Empregatícia Selecionada.



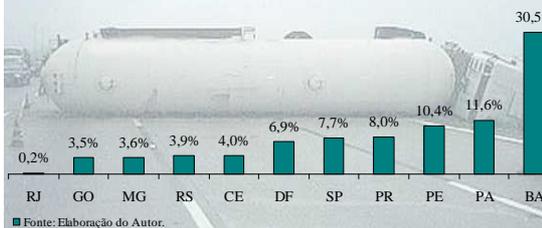
4.1. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 4 – Disposição a Pagar dos Entrevistados com Relação ao Acidente.



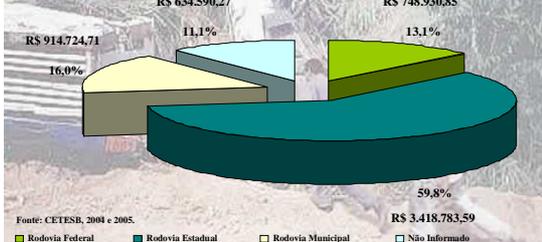
4.1. Análise dos Resultados da Pesquisa de Campo

Gráfico 5 – Percentual da Disposição a Pagar por Unidade da Federação.



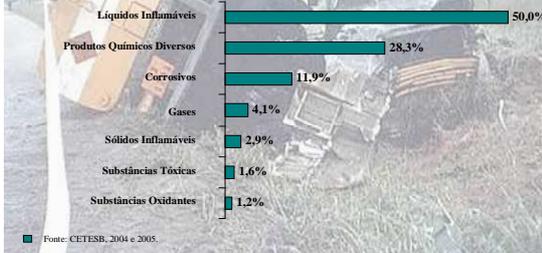
4.2. Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos

Gráfico 7 – Produto Químico Vazado Segundo Rodovias.



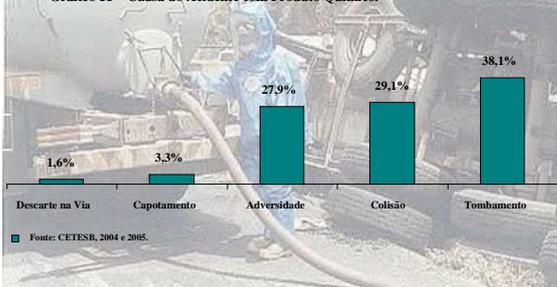
4.2. Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos

Gráfico 10 – Classe do Produto Químico Vazado.



4.2. Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos

Gráfico 11 – Causa do Acidente com Produto Químico.



4.2. Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos

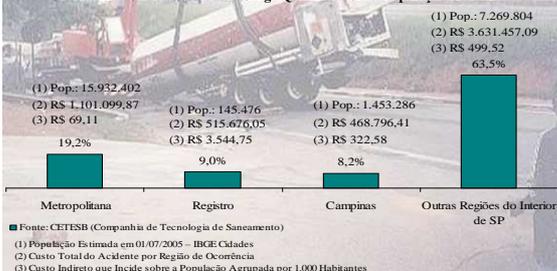
Reparação de um Acidente Ambiental – Tombamento de Caminhão-Tanque Transportando 25,11 m³ de ANTRAFEN

Resumo das Despesas do Acidente Ambiental	
Recuperação / Revitalização do Local Attingido	R\$ 12.758,00
Limpeza do Local	R\$ 85.379,70
Transporte de Resíduos (Próprios + Terceiros)	R\$ 47.307,48
Atendimento Emergencial	R\$ 728.754,79
Descarte de Resíduos	R\$ 78.179,80
Perda de Mercadoria Transportada	R\$ 22.882,99
Danos Patrimoniais + Lucros Cessantes	R\$ 84.058,00
Multas	R\$ 69.650,00
TOTAL	R\$ 1.128.970,76

Fonte: CETESB, 2005.

4.2. Acidentes de Trânsito com Produtos Químicos

Gráfico 12 – Custo da Perda de Carga Química sobre a População Residente.



3.2. Modelos Lineares Generalizados

- Segundo Russo (2002) muitos experimentos não apresentam uma distribuição normal. Os MLG, são uma alternativa para os métodos tradicionais de análise de dados.
- Segundo este raciocínio e como não se pode tomar o logaritmo de uma variável porque ela pode assumir valores iguais a zero, um método eficaz seria modelar o valor esperado como uma função exponencial (WOOLDRIDGE, 2006).
- Os MLG, possuem três componentes:
 - Componente Aleatório;
 - Componente Sistemático; e
 - Componente Função de ligação.
- Para McCullagh e Nelder (2000) transformando a função de ligação log, obtém-se a seguinte expressão para a variável resposta:

$$\lambda = E(y|x_1, x_2, x_k) = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k} \quad (3.1)$$
- Prováveis problema nas estimações dos MLG:
 - Deviance; e
 - Sobredispersão.

3.3. Modelo Poisson

$$\text{Prob}(Z/\lambda) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^Z}{Z!} \text{ para } Z = 0,1,2,\dots$$

- Variável resposta é não negativa e com dados de contagem, então pode-se utilizar o Modelo de Regressão de Poisson. Esse tipo de regressão pode ser utilizado para modelar dados de corte, taxas e, em geral, ocorrência de eventos raros [(GREENE, 2003); (JØRGENSEN, 1996); (McCULLAGH e NELDER, 2000); (NELDER e WEDDERBURN, 1972); e (WOOLDRIDGE, 2006)].
- De acordo com Greene (2003, p. 931) e Ender (2002), a distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidade discreta. Ela expressa a probabilidade de um certo número de eventos ocorrerem num dado período de tempo, caso estes ocorram com uma taxa média conhecida e caso cada evento seja independente do último evento.
- Wooldridge (2006) a distribuição de Poisson possui uma propriedade de robustez bastante precisa, independentemente de essa distribuição ser válida, ainda assim é possível obter estimadores consistentes.

4.3. Caracterização e Análise da Regressão do Modelo Poisson

Gráfico 13 – Frequência dos Valores Marginais da DAP para Redução de Acidentes.



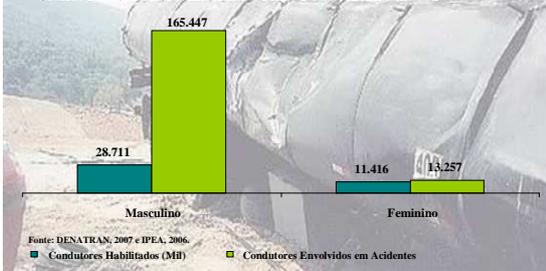
4.3. Caracterização e Análise da Regressão do Modelo Poisson

$$DAP = e^{-1,1492+2,9902BA+1,1450PA+1,0802PE+1,7109S+0,0001R+0,1634A+0,1375E}$$

- DAP = estimativa da Disposição a Pagar;
- e = número do log de Neper;
- BA = variável dummy que indica o estado da Bahia;
- PA = variável dummy que indica o estado de Pará;
- PE = variável dummy que indica o estado do Pernambuco;
- S = variável dummy que indica o sexo masculino;
- R = renda mensal em Reais;
- A = Importância para investimentos em pontos de apoio; e
- E = Importância para investimentos em educação para o trânsito.

4.3. Caracterização e Análise da Regressão do Modelo Poisson

Gráfico 14 – Condutores Habilitados e Envolvidos em Acidentes - 2007.



Disposição a Pagar	
Masculino	Feminino
Renda Média Mensal R\$ 1.729,84	Renda Média Mensal R\$ 1.066,67
Importância para Investimento em Pontos de Apoio Nota = 7,7	Importância para Investimento em Pontos de Apoio Nota = 9
Importância para Investimentos em Educação para o Trânsito Nota = 8,9	Importância para Investimentos em Educação para o Trânsito Nota = 9,8
DAP Média R\$ 7,19	DAP Média R\$ 3,95
Disposição a Pagar Média R\$ 5,57	

Fonte: Elaboração do Autor.

Figura 2 – Mapa Rodoviário Federal do Estado do Pará.



Fonte: DNIT, 2008.

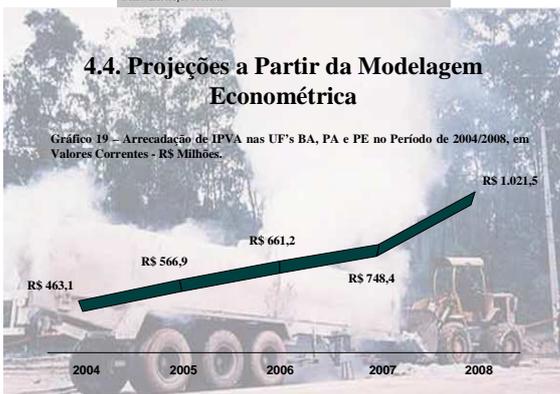


Figura 3 – Mapa Rodoviário Federal do Estado de Pernambuco.



Fonte: DNIT, 2008.

Disposição a Pagar					
Bahia		Pernambuco		Pará	
Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino
Renda Média R\$ 2.192,86	Renda Média R\$ 1.200,00	Renda Média R\$ 1.478,23	Renda Média R\$ 1.000,00	Renda Média R\$ 1.518,42	Renda Média R\$ 1.000,00
Investimento em Pontos de Apoio Nota = 7,4	Investimento em Pontos de Apoio Nota = 8,5	Investimento em Pontos de Apoio Nota = 8,1	Investimento em Pontos de Apoio Nota = 10	Investimento em Pontos de Apoio Nota = 7,6	Investimento em Pontos de Apoio Nota = 8,5
Invest. em Educação para o Trânsito Nota = 9,4	Invest. em Educação para o Trânsito Nota = 10	Invest. em Educação para o Trânsito Nota = 9,9	Invest. em Educação para o Trânsito Nota = 10	Invest. em Educação para o Trânsito Nota = 10,4	Invest. em Educação para o Trânsito Nota = 9,5
DAP Média R\$ 8,36	DAP Média R\$ 5,10	DAP Média R\$ 6,01	DAP Média R\$ 3,92	DAP Média R\$ 6,13	DAP Média R\$ 3,92
Disposição a Pagar Média R\$ 5,57					

Fonte: Elaboração do Autor.

5. Considerações Finais

- Conclui-se, portanto, que, a função de demanda para redução dos riscos de acidentes de trânsito em rodovias federais brasileiras, estimada por meio da DAP média em R\$ 5,57 e que auxiliam no estabelecimento de políticas públicas para redução dos mesmos é relacionada diretamente aos usuários das estradas de rodagem nos estados da Bahia, Pará e Pernambuco; segundo o sexo do entrevistado; renda mensal e importância para investimentos na construção de pontos de apoio ao longo das autovias e na educação para o trânsito.
- Assim, espera-se futuramente poder comparar a distribuição de Poisson com as outras distribuições existentes, tais como Poisson Composto e Poisson Inflacionado de Zeros, a fim de obter melhores estimadores.

Figura 1 – Mapa Rodoviário Federal do Estado da Bahia.



Fonte: DNIT, 2008.

ANEXO A – CONCEITOS BÁSICOS DE TOXICOLOGIA

SUBSTÂNCIA PERIGOSA

De acordo com a CETESB alguns termos de uso freqüente em toxicologia são importantes e devem ser conhecidos, entre eles: substância perigosa, risco, toxicidade, doses, exposição, absorção, biodisponibilidade, distribuição, acumulação, biotransformação, eliminação e efeito tóxico.

Uma substância perigosa ou um agente perigoso tem a capacidade de causar dano em um organismo exposto. Um exemplo esclarecerá este conceito: a estricnina é uma substância química muito tóxica. Quando está dentro de um frasco perfeitamente fechado pode ser manipulada sem que nenhum efeito tóxico seja produzido. A toxicidade não mudou mas quando não está em contato com um organismo vivo não é possível evidenciar a sua capacidade de produzir o efeito tóxico.

Figura 4 – Operação de Contenção e Recolhimento do Produto Vazado



Fonte: CETESB.

- 1. Risco** – O risco é a probabilidade de aparecer um efeito nocivo devido à exposição a uma substância química perigosa.
- 2. Toxicidade** – A toxicidade de uma substância química refere-se à sua capacidade de causar dano em um órgão determinado, alterar os processos bioquímicos ou alterar um sistema enzimático.

Todas as substâncias, naturais ou sintéticas são potencialmente tóxicas; em outras palavras, podem produzir efeitos adversos para a saúde em alguma condição de exposição. É incorreto denominar algumas substâncias químicas como tóxicas e outras como não tóxicas. As substâncias diferem muito na toxicidade. As condições de exposição e a dose são fatores que determinam os efeitos tóxicos.

- 3. Dose** – Paracelso, no século XVI afirmou: "Todas as substâncias são tóxicas. Não há nenhuma que não seja tóxica. A dose estabelece a diferença entre um tóxico e um medicamento". Esta afirmação ainda é muito importante para a toxicologia e envolve a idéia de dose.

Uma informação muito utilizada é aquela denominada **Dose Letal 50** - DL_{50} que é a quantidade de uma substância química que quando é administrada em uma única dose por via oral, expressa em massa da substância por massa de animal, produz a morte de 50% dos animais expostos dentro de um período de observação de 14 dias. Na tabela abaixo temos a classificação das substâncias baseadas no valor da DL_{50} .

Quadro 6 – DL_{50} Aguda para Algumas Substâncias Químicas

Substância química	DL_{50} rato macho, via oral; mg/kg de peso corporal
Etanol	7000
Cloreto de sódio	3000
Sulfato de cobre	1500
DDT	100
Nicotina	60
Tetradotoxina	0,01
Dioxina (TCDD)	0,02

Outro valor é a **Concentração letal 50- DL_{50}** , que é a concentração no ar de uma substância química que quando é inalada constantemente por 8 horas produz a morte de 50% dos animais expostos. Se a dose de uma substância for suficientemente alta poderá ser perigosa para qualquer ser vivo, assim como também se a dose de uma substância muito tóxica for baixa não produzirá efeito adverso nenhum. A água (um elemento essencial para a vida) quando é ingerida em grandes quantidades pode ter um efeito tóxico. A causa é que um volume superior àquele considerado como ingestão diária ideal para um adulto, entre 2 L e 2,5 L, pode causar a eliminação pela urina de substâncias que são essenciais para o organismo, como sais, por exemplo.

O **período de tempo** no qual uma dose é administrada e a **freqüência** são informações também muito importantes que influem na resposta a intoxicação. Outro dado importante é aquele denominado **concentração de interesse** (em inglês: levels of concern-LOCs), que é a concentração no ar de uma substância extremamente perigosa acima da qual poderá produzir

efeitos graves à saúde ou a morte como resultado de uma única exposição durante um período relativamente curto.

Figura 5 – Capotamento de Caminhão Transportando Carga Fracionada



Fonte: CETESB.

- 4. Exposição** – Para que uma substância química possa produzir um efeito deve estar em contato com o organismo. As substâncias químicas podem ingressar no organismo por três vias principais: digestiva, respiratória e cutânea. Depois do ingresso, por qualquer destas vias, as substâncias químicas podem ser absorvidas e passar para o sangue, serem distribuídas no organismo todo, chegar a determinados órgãos onde são biotransformados, produzir efeitos tóxicos e posteriormente ser eliminadas do organismo.

Também uma substância química pode entrar no organismo por outras vias, por exemplo, injeção venosa ou intramuscular, mas estas vias não são de grande interesse do ponto de vista toxicológico, especialmente quando se trata de acidentes que envolvem substâncias químicas. Uma forma muito utilizada para classificar as substâncias químicas segundo a toxicidade, está baseada na **duração da exposição**. Geralmente, os toxicologistas procuram os efeitos da exposição aguda, sub-crônica e crônica, e também tentam entender o tipo de efeito adverso para cada uma destas três exposições.

Figura 6 – Tombamento de Carreta Transportando Amônia



Fonte: CETESB.

- 5. Absorção** – A absorção implica que a substância química atravessasse as membranas biológicas. No caso da ingestão de uma substância, esta pode ser absorvida em qualquer parte do trato gastrointestinal. A maior absorção ocorre no intestino delgado passando ao sistema circulatório pela veia porta, sendo, portanto, transportada diretamente ao fígado.

No homem e outros animais terrestres, a inalação é a via mais rápida pela qual uma substância química ingressa no organismo. Por exemplo, a inalação do éter etílico, um gás anestésico, que quando chega ao pulmão é absorvido, passa para o sangue e logo o efeito é observado. Também substâncias como o material particulado ou gases podem ingressar pela via respiratória.

A via cutânea é outra forma de ingresso importante. A espessura da pele nas distintas regiões do organismo influi na absorção. Assim, na região do abdômen e do escroto, onde a pele é mais fina, a absorção é mais rápida que em outras onde a pele é mais grossa, como a planta dos pés ou a palma da mão. O paration é facilmente absorvido pela via cutânea.

Quando uma área grande de pele estiver em contato com uma substância química, a quantidade absorvida será maior que aquela numa superfície pequena. O **tempo de contato** também é importante, sendo maior a absorção quanto maior for o tempo de contato.

- 6. Biodisponibilidade** – Alguns fatores físicos ou químicos podem afetar a absorção de uma substância em relação à quantidade que deverá ser absorvida e ao tempo de

absorção. Por exemplo, nem todas as formas químicas de um metal são bem absorvidas no intestino; assim no caso de ingestão de mercúrio metálico, pouco será absorvido. Porém, o mesmo não acontece com um composto orgânico como o metilmercúrio, o qual é intensamente absorvido.

Os compostos de bário são tóxicos, mas o sulfato de bário é utilizado normalmente como meio de contraste nas radiografias do cólon uma vez que é um composto insolúvel em água e em gordura. Não poderia ser utilizado cloreto de bário porque a sua solubilidade em água seria suficiente para que fosse absorvida uma quantidade que produz efeitos tóxicos. Estes são alguns exemplos sobre a importância da forma química do composto em relação à absorção e toxicidade.

Figura 7 – Aplicação de Espuma em Carreta que Transportava Álcool



Fonte: CETESB.

- 7. Distribuição** – Depois que a substância química é absorvida ela passa através do sangue por todo o organismo, causando os efeitos nocivos especialmente no(s) órgão(s) alvo. Entende-se por **órgão alvo** o local onde primeiro se evidencia um efeito nocivo. Para produzir esse efeito a substância química deve atingir uma determinada concentração no órgão, o que está diretamente relacionado com o conceito de dose.

A existência de um órgão alvo não significa que nos outros órgãos não sejam verificados efeitos. A medida em que aumenta a dose e o tempo de exposição, outros órgãos podem também ser afetado.

- 8. Acumulação** – Uma parte da substância química, que é distribuída no organismo, pode ser acumulada. Isto pode acontecer também no sangue já que algumas substâncias podem se unir às proteínas sanguíneas. O flúor e o chumbo podem ser acumulados nos ossos, as bifenilas policloradas (segundo a sigla em inglês, PCBs) podem ser acumuladas na gordura; o cádmio liga-se a proteínas e é acumulado no rim.
- 9. Biotransformação** – Assim como se usa o termo metabolismo para indicar a utilização orgânica de diferentes substâncias que são necessárias para a vida, se propôs o termo **biotransformação** para o processo de conversão das substâncias tóxicas. O termo biotransformação descreve como os organismos transformam as substâncias tóxicas absorvidas em outras de menor toxicidade e em geral solúveis em água, ou em metabólitos de maior toxicidade como é o caso do ácido fórmico na biotransformação do metanol. Neste processo o fígado cumpre uma função importante.

Figura 8 – Neutralização de Produto Químico com Ácido Clorídrico



Fonte: CETESB.

Em outros casos, a biotransformação pode gerar compostos secundários mais tóxicos como os originais, como por exemplo fenóis gerados na biodegradação do petróleo.

- 10. Eliminação** – As substâncias solúveis em água são eliminadas pela urina. As substâncias que são voláteis, como o etanol e a acetona, e os gases como o monóxido de carbono eliminam-se parcialmente pelo ar expirado. Algumas também são eliminadas pelo leite (compostos lipossolúveis) e suor.

11. Efeitos nocivos – Os efeitos tóxicos observados podem ser variados: dano aos tecidos e outras modificações patológicas, lesões bioquímicas, efeitos teratogênicos, efeitos na reprodução, mutagenicidade, efeitos irritantes e reações alérgicas. Os três primeiros pontos de contato entre substâncias químicas presentes no ambiente e o organismo são o trato gastrointestinal, o sistema respiratório e a pele. As substâncias químicas absorvidas, passam para o sangue e seguem para o fígado, rins, sistema nervoso e o sistema reprodutor, entre outros.

PRINCIPAIS EFEITOS TÓXICOS

Não é possível descrever todos os efeitos que podem ser produzidos pela grande variedade de substâncias tóxicas existentes; portanto, a CETESB apresenta uma breve explicação sobre os principais efeitos já constatados.

- 1. Sistema respiratório** – O efeito observado na exposição à substâncias químicas por via respiratória é a irritação causada por gases como amoníaco, cloro, formaldeído, dióxido de enxofre e pós que podem ter metais como o cromo. A resposta típica à exposição a altas concentrações destas substâncias é a constrição dos brônquios e isto está acompanhado pela dispnéia ou uma sensação de não poder respirar. Com esta situação de constrição das vias aéreas, o oxigênio não pode chegar tão rápido como é necessário para satisfazer a demanda do organismo.

Uma segunda categoria dos efeitos no sistema respiratório é o dano causado nas células do trato respiratório. Esse dano pode produzir a liberação de líquido para os espaços internos e pode resultar em acúmulo denominado edema. Este edema pode acontecer como um efeito retardado, que aparece depois da exposição crônica ou subcrônica.

Figura 9 – Monitoramento Ambiental



Fonte: CETESB.

O dióxido de nitrogênio (NO_2) é um bom exemplo deste efeito. Uma exposição de longa duração pode causar enfisema, com perda da capacidade do intercâmbio gasoso respiratório. A Figura 9 mostra técnicos da CETESB fazendo o monitoramento ambiental, o que ajuda a prevenir exposições de risco.

A terceira categoria de efeito e de interesse na exposição causada por acidentes que envolvem substâncias químicas, é a alergia. As reações alérgicas são um grupo especial de efeitos adversos. A exposição a uma substância química antigênica resulta na interação desta com algumas proteínas para formar complexos denominados antígenos que provocam a formação de anticorpos.

As exposições posteriores à substância química provocarão uma reação entre os antígenos e os anticorpos presentes, o que conduz a uma série de efeitos bioquímicos e fisiológicos, até produzir a morte.

- 2. Trato gastrintestinal e pele** – As outras duas áreas do organismo que entram em contato primeiro com as substâncias químicas presentes no ambiente são o trato gastrintestinal e a pele. O trato gastrintestinal é a entrada principal de substâncias ambientais presentes nos alimentos, na água e também no solo e no pó.

As substâncias muito cáusticas, como o hidróxido de sódio, quando ingeridas podem causar um efeito grave no trato gastrintestinal já que alteram a constituição química das células das membranas. A irritação da pele pode ser produzida por uma série de substâncias químicas e é caracterizada pelo avermelhamento, inchaço e coceira que geralmente diminuem depois que termina a exposição. As reações alérgicas podem ser produzidas pelo mesmo mecanismo que foi mencionado anteriormente.

- 3. Sistema circulatório** – As substâncias químicas são absorvidas e passam para o sangue que as transporta aos distintos órgãos. Quando a concentração das substâncias químicas ou dos produtos de biotransformação atinge níveis altos, pode acontecer uma intoxicação sistêmica. Algumas substâncias químicas são diretamente tóxicas para os diferentes elementos do sangue e outras produzem mudanças em alguns elementos do sangue que provocam alterações em outros sistemas do organismo. Um exemplo pode ser o monóxido de carbono (CO) que quando é inalado une-se à hemoglobina produzindo carboxihemoglobina que impede o transporte de oxigênio pelo sangue para os tecidos.
- 4. Fígado** – As substâncias químicas que ingressam pela via digestiva são absorvidas e através da veia porta chegam ao fígado. As células hepáticas têm uma capacidade muito grande para biotransformar agentes xenobióticos, sendo convertidos geralmente em substâncias mais hidrossolúveis que são eliminadas pela via renal.
- 5. Rim** – Várias substâncias químicas podem produzir efeitos nocivos nos rins devido a mecanismos de ação diferentes. Os metais pesados como o mercúrio, cádmio, crômio e chumbo têm efeitos sobre o túbulo renal. Concentrações altas de metais presentes no filtrado glomerular podem danificar as funções dos túbulos e produzir a perda de grandes quantidades de moléculas essenciais para

o organismo como a glicose e aminoácidos. Se a concentração de metais for suficientemente alta poderá acontecer a morte das células e alterar a função renal como um todo. O tetracloreto de carbono e o clorofórmio são hepatotóxicos e nefrotóxicos.

- 6. Sistema nervoso** – O sistema nervoso está relacionado à praticamente todas as funções mentais e físicas do organismo. Os neurotoxicologistas geralmente dividem os efeitos tóxicos segundo o local primário de ação da substância química.

Algumas substâncias químicas, como o monóxido de carbono, podem produzir falta de oxigênio ou de glicose no cérebro com graves efeitos para o organismo. Outras substâncias como o chumbo e o hexaclorobenzeno são capazes de produzir perda de mielina, e alguns compostos orgânicos do mercúrio podem produzir efeitos nos neurônios periféricos.

- 7. Sistema reprodutor** – O sistema reprodutor dos homens e das mulheres pode ser alterado por determinadas substâncias químicas. Nos homens, algumas substâncias como DBCP e cádmio, podem reduzir ou impedir a produção de esperma. Podem acontecer alterações no processo reprodutor, como a indução de modificações fisiológicas e bioquímicas que reduzem a fertilidade, e impedem totalmente o desenvolvimento do feto ou do nascimento normal.

Um aspecto muito estudado sobre a toxicidade reprodutora é a chamada toxicidade do desenvolvimento. Esta área compreende o estudo dos efeitos das substâncias químicas no desenvolvimento do embrião e do feto durante a exposição no útero e no desenvolvimento posterior da criança depois do nascimento. Nesta época a exposição pode cessar ou continuar porque a substância química recebida pela mãe é transferida ao leite e também pode continuar toda a vida porque existem fontes adicionais diferentes daquelas as quais a mãe esteve exposta.

- 8. Teratogenicidade** – Depois da fertilização do óvulo, começa a proliferação das células que dão origem ao feto. Nos seres humanos, entorno do nono dia começa o processo de diferenciação celular e os distintos tipos de células específicas que constituem o organismo começam a se formar e migram para a sua posição adequada. Isto acontece até o desenvolvimento completo do feto. Algumas substâncias químicas podem causar efeitos na descendência, estes não são hereditários, assim são denominadas substâncias teratogênicas.

Um medicamento, a talidomida, pode ser mencionado como exemplo de substância teratogênica. Este medicamento quando foi ingerido pelas mulheres durante a gravidez, produziu efeitos teratogênicos na descendência.

9. Carcinogenicidade – Os indivíduos estão expostos a substâncias químicas que causam câncer, em outras palavras, um tumor maligno. Estas podem estar presentes no ar, água, alimentos, produtos de consumo e mesmo no solo.

Os especialistas em câncer, com poucas exceções, não determinam a causa específica do câncer nos indivíduos. Em geral os fatores que contribuem para a ocorrência do câncer em grandes grupos de população podem ser descobertos.

Considera-se que entre o 70% e 90% do casos de câncer em seres humanos são de origem ambiental. Este termo é utilizado em um sentido amplo, o qual atinge substâncias químicas industriais e contaminantes, dieta, hábitos pessoais, fumar, comportamento e radiações.

Os efeitos referidos são um breve resumo daqueles indicados por Rodrick (1994) e estas informações têm somente com o objetivo de alertar sobre os diferentes efeitos nocivos das substâncias químicas no organismo humano.

10. Conclusões – Segundo Timbrell, atualmente os toxicologistas conhecem só parcialmente os mecanismos dos efeitos tóxicos das substâncias químicas. Como consequência a avaliação do risco para o organismo humano é difícil e incerta. Estas limitações precisam ser lembradas pelo público, industriais, economistas e por aqueles que estão envolvidos nos processos de legislação, além dos toxicologistas.

Possivelmente, o público espera muito mais dos cientistas em geral e dos toxicologistas particularmente. Os toxicologistas não podem fornecer todas as respostas às perguntas que o público freqüentemente faz, mais ainda quando exige a segurança absoluta em relação aos compostos químicos.

ANEXO B – PAINÉIS DE SEGURANÇA E RÓTULOS DE RISCO

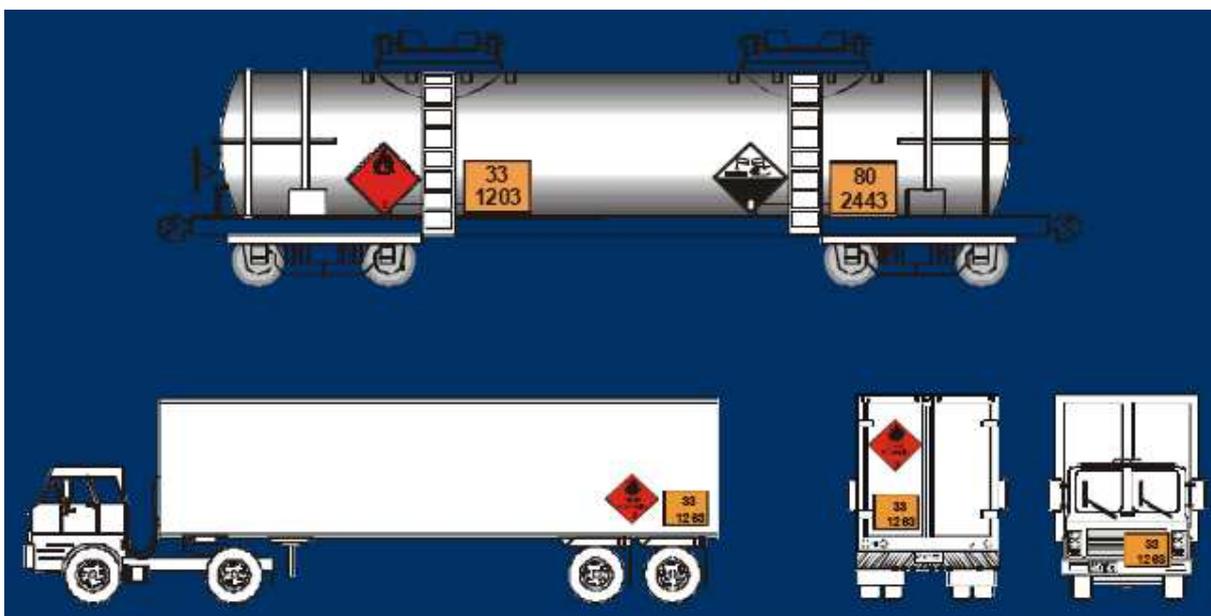
PAINÉIS DE SEGURANÇA

Conforme explicitado pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUM), a Portaria do Ministério dos Transportes No 204, de 20 de maio de 1997 ainda trata, a partir do item 7.3 (Identificação de Unidades de Transportes), dos painéis de segurança que os veículos que transportam produtos químicos perigosos devem obrigatoriamente portar.

Os painéis de segurança devem ter o número das Nações Unidas e o número de risco do produto transportado, apostos em caracteres negros, não menores que 65 mm, num painel retangular de cor laranja, com altura não inferior a 140 mm e comprimento mínimo de 350 mm, com uma borda preta de 10 mm. Na parte superior desses painéis estão grafados números que representam os riscos associados ao produto transportado de acordo com sua classe e, na inferior, encontramos o número da Organização das Nações Unidas (ONU) referente ao produto.

O objetivo da padronização da sinalização de segurança é o de facilitar a identificação dos produtos químicos perigosos nas atividades de transporte e, com isso, permitir maior agilidade e eficácia nas ações necessárias ao controle de situações acidentais.

Figura 10 – Regulamentação do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos



Fonte: ANTT, 1997.

RÓTULOS DE RISCO

Classe de Risco 1 – Explosivos

Subclasses 1.1, 1.2 e 1.3

Símbolo (bomba explodindo) em preto;

**local para indicação da subclasse;

*local para indicação do grupo de compatibilidade;

fundo em laranja;

número "1" no canto inferior.

Fonte: Brasil (1997)



Subclasse 1.4

*Local para indicação do grupo de compatibilidade;

fundo em laranja;

número "1" no canto inferior.

Fonte: Brasil (1997)



Subclasse 1.5

*Local para indicação do grupo de compatibilidade;

fundo em laranja;

número "1" no canto inferior.

Fonte: Brasil (1997)



Subclasse 1.6

Fundo em laranja;

números em pretos;

número "1" no canto inferior;

**local para indicação da subclasse;

*local para indicação do grupo de compatibilidade.

Fonte: Brasil (1997)



Classe de Risco 2 – Gases

Subclasse 2.1

Gases Inflamáveis:

Símbolo (chama) em preto ou branco;

fundo em vermelho;

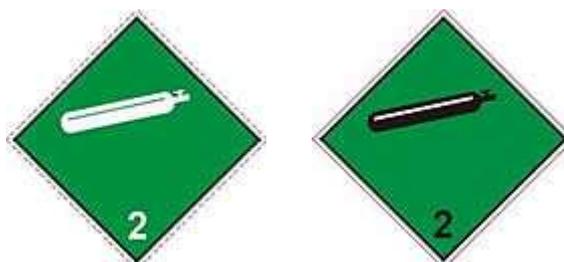
número "2" no canto inferior em preto ou branco.

Fonte: Brasil (1997)



Subclasse 2.2

Gases Não-Inflamáveis, Não-Tóxicos:
 Símbolo (cilindro para gás) em preto ou branco;
 fundo em verde;
 número "2" no canto inferior em preto ou branco.
 Fonte: Brasil (1997)

**Subclasse 2.3**

Gases Tóxicos:
 Símbolo (caveira) em preto;
 fundo em branco;
 número "2" no canto inferior.
 Fonte: Brasil (1997)

**Classe de Risco 3 – Líquidos Inflamáveis**

Símbolo (chama) em preto ou branco;
 fundo em vermelho;
 número "3" no canto inferior em preto ou branco.
 Fonte: Brasil (1997)

**Classe de Risco 4 – Sólidos Inflamáveis; Substâncias Sujeitas a Combustão Espontânea; Substâncias que, em Contato com a Água, Emitem Gases Inflamáveis****Subclasse 4.1**

Sólidos inflamáveis:
 Símbolo (chama) em preto;
 fundo em branco com sete listras verticais vermelhas;
 número "4" no canto inferior.
 Fonte: Brasil (1997)

**Subclasse 4.2**

Substâncias Sujeitas a Combustão Espontânea:
 Símbolo (chama) em preto;
 fundo - metade superior branca, metade inferior vermelha;
 número "4" no canto inferior.
 Fonte: Brasil (1997)

**Subclasse 4.3**

Substâncias que, em contato com a água,
 emitem gases inflamáveis:
 Símbolo (chama) em branco ou preto;
 fundo em azul
 número "4" no canto inferior.
 Fonte: Brasil (1997)



Classe de Risco 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos

Subclasse 5.1

Substâncias Oxidantes: Símbolo (chama sobre um círculo) em preto;
fundo: amarelo;
número "5.1" no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Subclasse 5.2

Peróxidos Orgânicos: Símbolo (chama sobre um círculo) em preto;
fundo: amarelo;
número "5.2" no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Classe de Risco 6 – Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes

Subclasse 6.1

Substâncias Tóxicas (Venenosas) - Grupos de Embalagem I e II: Símbolo (caveira) em preto;
fundo em branco;
número "6" no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Subclasse 6.1

Substâncias Tóxicas (Venenosas)
Grupo de Embalagem III:
Na metade inferior do rótulo deve constar a inscrição "NOCIVO";
Símbolo (um "X" sobre uma espiga de trigo) e inscrição em preto; fundo em branco;



número "6" no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)

Subclasse 6.2

Substâncias Infectantes:
A metade inferior do rótulo deve conter a inscrição: "SUBSTÂNCIA INFECTANTE";
Símbolo (três meias-luas crescentes superpostas em um círculo) e inscrição em preto;
fundo em branco;
número "6" no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Classe de Risco 7 – Materiais Radioativos

Categoria I

Branco: Símbolo (trifólio) em preto;
fundo em branco;
texto em preto na metade inferior do rótulo
"RADIOATIVO...", "Conteúdo..." e "Atividade...";
colocar uma barra vermelha após a palavra "Radioativo";
número "7" no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Categoria II

Amarela: Símbolo (trifólio) em preto;
fundo - metade superior em amarelo com bordas brancas,
metade inferior em branco;
texto em preto, na metade inferior do rótulo
"RADIOATIVO...", "Conteúdo"..., "Atividade"...;
em um retângulo de bordas pretas - "Índice de Transporte";
colocar duas barras verticais vermelhas após a palavra "Radioativo",
número 7 no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Categoria III

Amarela: Símbolo (trifólio) em preto;
fundo - metade superior em amarelo com bordas brancas,
metade inferior em branco;
texto em preto, na metade inferior do rótulo
"RADIOATIVO...", "Conteúdo"..., "Atividade"...;
em um retângulo de bordas pretas - "Índice de Transporte";
colocar três barras verticais vermelhas após a palavra "Radioativo";
número 7 no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



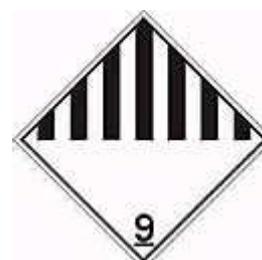
Classe de Risco 8 – Corrosivos

Símbolo (líquidos pingando de dois recipientes de vidro e atacando uma mão e um pedaço de metal) em preto;
fundo - metade superior em branco, metade inferior em preto com bordas brancas;
número "8" em branco no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



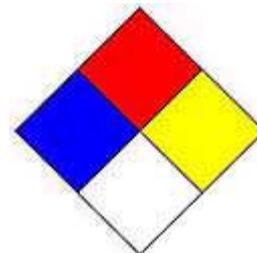
Classe de Risco 9 – Substâncias Perigosas Diversas

Símbolo (sete listras na metade superior) em preto;
fundo em branco;
número "9", sublinhado no canto inferior.
Fonte: Brasil (1997)



Classe de Risco 10 – Diamante de Hommel

Uma outra simbologia bastante aplicada em vários países, no entanto sem obrigatoriedade, é o método do diamante de HOMMEL. Diferentemente das placas de identificação, o diamante de HOMMEL não informa qual é a substância química, mas indica todos os riscos envolvendo o produto químico em questão. Os riscos representados no Diamante de Hommel são os seguintes:



VERMELHO - INFLAMABILIDADE, onde os riscos são os seguintes:

- 4 - Gases inflamáveis, líquidos muito voláteis, materiais pirotécnicos
- 3 - Produtos que entram em ignição a temperatura ambiente
- 2 - Produtos que entram em ignição quando aquecidos moderadamente
- 1 - Produtos que precisam ser aquecidos para entrar em ignição
- 0 - Produtos que não queimam

AZUL - PERIGO PARA SAÚDE, onde os riscos são os seguintes:

- 4 - Produto letal
- 3 - Produto severamente perigoso
- 2 - Produto moderadamente perigoso
- 1 - Produto levemente perigoso
- 0 - Produto não perigoso ou de risco mínimo

AMARELO - REATIVIDADE, onde os riscos são os seguintes:

- 4 - Capaz de detonação ou decomposição com explosão a temperatura ambiente
- 3 - Capaz de detonação ou decomposição com explosão quando exposto a fonte de energia severa
- 2 - Reação química violenta possível quando exposto a temperaturas e/ou pressões elevadas
- 1 - Normalmente estável, porém pode se tornar instável quando aquecido
- 0 - Normalmente estável

BRANCO - RISCOS ESPECIAIS, onde os riscos são os seguintes:

- OXY Oxidante forte
- ACID Ácido forte
- ALK Alcalino forte



Evite o uso de água



Radioativo

Uma observação muito importante a ser colocada quanto à utilização do Diamante de HOMMEL é que o mesmo não indica qual é a substância química em questão mas apenas os riscos envolvidos; ou seja quando considerado apenas o Diamante de HOMMEL sem outras formas de identificação este método de classificação não é completo.

ANEXO C – PROGRAMA OLHO VIVO NA ESTRADA

PROGRAMA
“OLHO VIVO NA ESTRADA”
A PREVENÇÃO DE COMPORTAMENTOS INSEGUROS NAS ESTRADAS



Figura 11 – Logotipo do Programa Olho Vivo na Estrada

- [Apresentação](#)
- [O Gerenciamento de Risco no Transporte Rodoviário](#)
- [O Nível Zero de Acidente](#)
 - [Definição de acidente leve e sério](#)
- [Etapa I: Análise dos Acidentes Ocorridos](#)
- [Etapa II: Conscientização da Gerência da Transportadora](#)
- [Etapa III: Treinamento dos Motoristas no SEST/SENAT](#)
 - *Check list : Ficha de observação do motorista [na rodovia](#)*
- [Etapa IV: Implementação na Transportadora](#)
- [Etapa V: Monitoração e Avaliação da Melhoria de Performance: realimentação do programa](#)
- [Conclusão](#)
- [Informações sobre o Treinamento](#)

[Apresentação](#)

O programa “Olho vivo na estrada”, instituído pela Abiquim em parceria com a Abiclor, tem como objetivo prevenir atitudes inseguras no transporte de produtos perigosos por meio da conscientização dos motoristas. O “Olho vivo na estrada” é parte de um sistema de gerenciamento de riscos. A meta do programa é a redução a zero no número de acidentes nas estradas com produtos químicos.

O conceito básico do programa é de que, antes de um grande acidente, ocorreram várias pequenas falhas nos equipamentos ou nas operações de transporte que não foram comunicadas à empresa. O “Olho Vivo na Estrada” incentiva o motorista a relatar essas ocorrências, possibilitando a adoção de ações preventivas ou corretivas. O programa tem

como base modelo desenvolvido e aplicado pela **Dow Brasil**. Um projeto piloto implementado pela empresa reduziu os acidentes classificados como sérios de cinco, em 2001, para zero ao final de 2004.

O programa “Olho vivo na estrada” tem o apoio da Associquim – Associação Brasileira do Comércio de Produtos Químicos, da NTC – Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística, da ABTLP – Associação Brasileira do Transporte e Logística de Produtos Perigosos, da Fetcesp – Federação dos Transportadores de Carga do Estado de São Paulo e do Setcesp – Sindicato das Empresas de Transporte de Carga do Estado de São Paulo. O treinamento dos motoristas profissionais é ministrado pelo Sest/Senat.

O Gerenciamento de Risco no Transporte Rodoviário

Durante o século XX, o mundo foi marcado por diversos acidentes de grande impacto envolvendo indústrias, processos de fabricação, manuseio e distribuição. Esses acidentes resultaram na eliminação de negócios e na reestruturação de empresas.

Um único acidente com produto químico pode gerar a perda de vidas e causar um forte impacto sobre o meio ambiente, exigindo décadas para a sua recuperação. O grande desafio do século XXI consiste em definir como as organizações industriais irão garantir a sustentabilidade de seus negócios. Um sistema de gerenciamento de riscos que leve as organizações a uma condição ideal próxima ao “nível zero em acidentes”, inclusive na distribuição, é elemento essencial da resposta a esse desafio.

Em linhas gerais, os acidentes no transporte rodoviário podem ter diferentes causas, singulares ou combinadas, tais como :

- Problemas tecnológicos, como unidades de transporte sem manutenção adequada ou muito velhos;
- Problemas de infra-estrutura, tais como rodovias mal sinalizadas, mal conservadas ou com falhas estruturais de pavimentação;
- Problemas com procedimentos e regulamentações, como aplicação inadequada das legislações e dos procedimentos de gestão; e
- Problemas de falhas humanas, como comportamentos inadequados levando a riscos desnecessários por diferentes motivos, incluindo a falta de treinamento ou falta de profissionalismo etc.

O comportamento humano passa a ser o item mais crítico para a diminuição de riscos de acidentes, o que exige sistemas de análise sobre como os funcionários desempenham suas

tarefas. O programa “**Olho Vivo na Estrada**” é parte de um sistema de gerenciamento de risco para a redução de acidentes, com foco no comportamento humano.

A velocidade de resposta em relação a resultados positivos é maior quando as empresas apresentam, no mínimo, a etapa de implementação de melhorias tecnológicas e de procedimentos passíveis de avaliações de auditorias, como o SASSMAQ no Brasil.

A melhoria contínua do programa e seu sucesso estão na comunicação aberta entre todos os envolvidos no transporte rodoviário, como produtores, transportadores e clientes. Mas, acima de tudo, o fundamental é **Saber ouvir aquele que é o embaixador do produto químico : O MOTORISTA OLHO VIVO NA ESTRADA.**

O Nível Zero de Acidente

O sistema de gerenciamento de risco apresentado indica que acidentes são reduzidos com a implementação de tecnologias mais avançadas, seguido, então, da implementação de leis e procedimentos. Mesmo com procedimentos corretos e um sistema de gerenciamento de segurança excelente, os índices de acidentes tendem a ficar os mesmos, a menos que o **homem** mude seu comportamento.

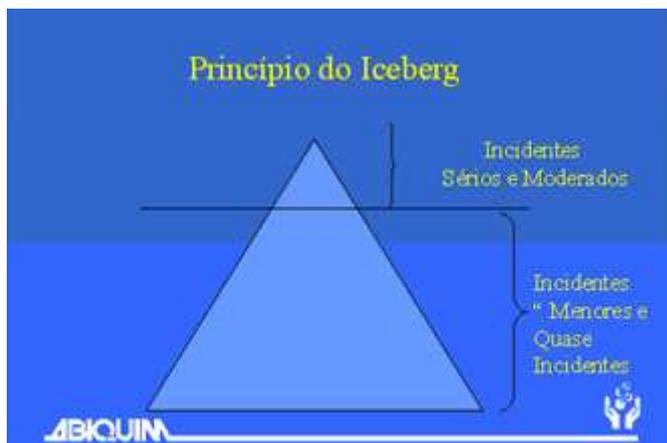
O sistema de gerenciamento de risco inclui o programa “**Olho Vivo na Estrada**” que considera o “homem e sua atitude”, mostrando uma metodologia de conscientização dos motoristas quanto aos riscos do transporte e como isto afeta o comportamento do dia-a-dia e os resultados dos acidentes. Define-se acidente no transporte rodoviário como o evento não planejado que ocorre durante a movimentação rodoviária de um produto, classificado ou não como perigoso, embalado ou a granel, e que ocasione perdas materiais ou pessoais e ou danos ao meio ambiente e, conseqüentemente, à imagem do produto ou da indústria.

Esses acidentes podem ser divididos em acidentes menores, quase acidentes ou acidentes sérios. (Ref.: Indicadores e Definição de acidentes: www.abiquim.org.br). **O programa “Olho Vivo na Estrada”: um modelo de melhoria contínua em comportamento na rodovia visa prevenir ATITUDES inseguras e atingir o nível zero em acidentes sérios.**

O princípio do iceberg, apresentado na figura a seguir, mostra que acidentes sérios são na verdade uma evolução de acidentes menores no tempo ou mesmo a junção de vários acidentes menores. A análise de um acidente sério, em geral, revela uma série de incidentes menores, não corrigidos devidamente. Portanto, a eliminação dos riscos de acidentes sérios exige a investigação, correção e implementação de ações preventivas para os acidentes pequenos. Ao ser eliminada a ocorrência de acidentes pequenos, a probabilidade de ocorrência de acidentes sérios é bastante reduzida. Como viabilizá-lo na prática?

Ocorrem entre 50 a 100 acidentes menores para cada acidente sério. O segredo é manter a atenção sobre esses acidentes menores. Considerá-los importante, mesmo que suas conseqüências sejam menores, é o segredo da prevenção. É aí que entra o conceito do “BBP”: “Behavior Based Program” ou “Programa Olho Vivo na Estrada”.

Figura 12 – O Princípio do Iceberg



Avaliações de acidentes ocorridos na indústria mostram que 90% ocorrem devido a falhas humanas, por motivos os mais variados, mas que no fundo envolvem um problema comportamental.

Figura 13 – Etapas do Programa Olho Vivo na Estrada



Etapa I: Análise dos Acidentes Ocorridos

(Responsabilidade: Indústria e/ou Transportadora)

1. Definir a equipe que irá avaliar os acidentes;
2. Identificar todos os acidentes;
3. Avaliar causas “reais” em conjunto com a transportadora;
4. Classificar os acidentes em sérios ou pequenos/quase acidentes;
5. Elaborar o gráfico iceberg (número de sérios e de menores);

6. Analisar o gráfico iceberg: acidentes menores estão sendo reportados e investigados?
7. Estabelecer os planos de ação:
 - Tecnologia e Procedimentos \Rightarrow SASSMAQ.
 - Comportamento \Rightarrow Olho Vivo na Estrada.

Etapa II: Conscientização da Gerência da Transportadora

(Responsabilidade: Indústria)

2. Nomear o coordenador do Programa dentro da indústria e
3. Reunir-se com a Gerência das Transportadoras:
 - apresentação do programa Olho Vivo na Estrada evidenciando:
 - i. o entendimento? de acidentes pequenos / sérios;
 - ii. a importância de o motorista identificar comportamentos inseguros; e
 - iii. a importância de o motorista escalar as condições inseguras no cliente, na estrada e na indústria.
 - Quando possível, apresentar os resultados da avaliação de acidentes (Etapa I)
4. Definir? Responsabilidades:
 - transportadoras: ações para a solução dos problemas de comportamento; e
 - indústria: ações para a resolução dos problemas no cliente / indústria
5. Elaborar? o cronograma de implantação do Programa.

A indústria deve sempre designar uma pessoa ou representante que será o canal de comunicação para reportar situações inseguras ou estabelecer o escalonamento quando necessário.

Etapa III: Treinamento dos Motoristas no SEST/SENAT

(Responsabilidade: Transportadora)

1. Enviar os motoristas ao SEST/SENAT para treinamento;
2. Nível gerencial da Transportadora deve participar deste treinamento;
3. Objetivos do treinamento no SEST/SENAT:
 - entender o que são acidentes pequenos ou quase acidentes;
 - entender que o acidente pequeno deve ser reportado e investigado;

- observar todos os eventos;
- listar os comportamentos críticos na rodovia; e
- esclarecer o uso do *check-list* de observações na rodovia;
- não identificar nome de motorista e nome da transportadora – “Não é dedo duro”

4. Recomendada a reciclagem a cada dois anos.

Etapa IV: Implementação na Transportadora

A - Coleta e observação dos comportamentos críticos que ocorrem na estrada nas viagens diárias

Responsabilidade: Transportadora

1. Comportamentos críticos definidos:

- velocidade acima do limite;
- velocidade inadequada para o trecho;
- velocidade menor que a mínima aceitável;
- não respeitar a sinalização;
- sono, cansaço e falta de atenção;
- dirigir sem cinto de segurança;
- não deixar distância segura do veículo da frente;
- dirigir agressivamente/imprudentemente;
- ultrapassagens inseguras ou em locais inadequados;
- amarração inadequada da carga – embalados; e
- outros.

2. Formulário de coleta de observações.

B - Melhoria de comportamento: avaliação das observações e acidentes menores e elaboração de planos de ação

Responsabilidade: Transportadora

1. Consolidar os resultados e apresentá-los à indústria periodicamente;
2. Selecionar cinco comportamentos críticos mais frequentes; e

3. Avaliar os resultados e definir a implementação de planos de ação de melhorias:
 - identificar antecedentes e fatores que estão incentivando os comportamentos inseguros dos motoristas e suas conseqüências; e
 - estabelecer planos para eliminá-los, de forma a desestimular comportamentos inseguros.

Esta análise é muito particular de cada empresa, pois depende de sua política organizacional e gerencial

Etapa V: Monitoração e Avaliação da Melhoria de Performance: realimentação do programa

Responsabilidade: Indústria e Transportadora

1. Indústria monitora a implementação; e
2. Realiza reuniões periódicas:
 - a transportadora apresenta:
 - i. os acidentes;
 - ii. o iceberg e os resultados das investigações; e
 - iii. os planos de ação de melhorias.
 - a indústria apresenta:
 - i. os acidentes e o desempenho;
 - ii. a comunicação e o escalonamento de situações inseguras nas instalações de carga/descarga; e
 - iii. planos de ação de melhorias necessárias.

Conclusão

O programa Atuação Responsável no Brasil é um compromisso das indústrias químicas associadas à Abiquim e representa uma ética de negócios com o objetivo de elevar o respeito e a confiança do público na indústria química, por meio de um processo de melhoria contínua em saúde, segurança, meio ambiente e sustentabilidade empresarial.

O programa “Olho Vivo na Estrada” é parte do trabalho realizado pela indústria química visando a melhoria contínua em todas as etapas da cadeia produtiva. Sem o

comprometimento do motorista, sem a mudança cultural no dia-a-dia, dificilmente a empresa obterá sucesso na diminuição efetiva de acidentes.

É essencial o respeito ao desempenho e ao valor dos motoristas que transportam produtos químicos. A preservação da imagem do produto químico também depende do profissionalismo dos motoristas.

Sucesso de comprometimento:

O programa “Olho Vivo na Estrada” foi desenvolvido e adaptado às condições brasileiras por transportadoras e motoristas.

Foram os motoristas que escolheram o nome do programa e um dos participantes criou o logotipo do “Olho Vivo na Estrada”.

Várias transportadoras que aderiram ao programa já conseguiram atingir a meta zero de acidentes sérios. O desafio agora é fazer com que essa meta seja alcançada e mantida por um número crescente de transportadoras. A monitoração e a avaliação da melhoria de desempenho é fundamental para que esses objetivos sejam atingidos pela indústria e pelas transportadoras.

Realização

ABIQUIM

abielor

SISTEMA 10

Criador da logomarca “Olho Vivo na Estrada”

Daniel da Silva Nofonte - Luft

O programa piloto “Olho Vivo na Estrada” foi implantado e avaliado durante três anos pela Dow Brasil.

Apoio



NTC

