

A Importância da Inserção do Custo dos Acidentes de Trânsito na Análise da Viabilidade Econômica de Projetos de Infraestrutura Viária: uma análise de equilíbrio geral computável para as rodovias BR-116, BR-262 e BR-381 em Minas Gerais

Carlos Eduardo da Gama Torres
Universidade Federal de Ouro Preto

Resumo:

Este trabalho se utiliza dos resultados obtidos por meio de um modelo de equilíbrio geral computável, no âmbito do Plano Estratégico de Logística de Transportes (PELT-MINAS), para simular os efeitos de melhorias na rede viária de 4 projetos referentes às rodovias BR-116, BR-262 e BR-381 em Minas Gerais. Nesse contexto, procurou-se demonstrar a importância da incorporação dos custos dos acidentes de trânsito, para efeito da análise de viabilidade econômica.

Palavras chaves:

custo dos acidentes de trânsito, rede rodoviária, equilíbrio geral computável.

Área: Políticas Públicas

1 Introdução¹

Os acidentes de trânsito representam um grave problema de saúde em todo mundo. No Brasil, esse quadro toma contornos dramáticos, uma vez que o número de fatalidades por quilômetro de rodovia pavimentada e o número de fatalidades por veículos supera amplamente os índices observados nos países mais desenvolvidos (Meneses, 2001; CNT, 2002). Nesse contexto, os acidentes de trânsito são o segundo maior responsável por mortes por causas externas no país, compreendendo um total de 33.288 mortes em 2002 e uma percentagem de 26,3% do total de mortes por causas externas (IPEA, 2005).

Tal quadro onera sobremaneira a sociedade, não só em termos de custos econômicos, mas também em na forma de uma enorme perda de bem-estar. Nesse sentido, o IPEA (2006) estimou um custo total de aproximadamente R\$ 21 bilhões (a preços de dezembro de 2005), considerando-se os acidentes de trânsito nas rodovias federais, estaduais e municipais. Dados do IPEA (2006) indicam, ainda, que em média, cerca de 1,8 milhão de pessoas são diretamente envolvidas em acidentes, nas rodovias brasileiras, a cada ano. Somando-se os acidentes ocorridos em vias urbanas, tal quadro torna-se ainda mais crítico.

Tomando-se como referência os acidentes ocorridos nas rodovias federais policiadas no ano de 2005, foram registrados 109.246 acidentes, implicando em 69.407 feridos e 6.392 mortos. Aproximadamente 16% do total desses acidentes ocorreram em Minas Gerais, sendo que esse Estado apresentou ainda o maior número de acidentes em rodovias federais, no período entre 2001 e 2005 (ANTT, 2006). Nesse contexto as características específicas do Estado, notadamente a geometria das vias, acaba por favorecer a ocorrência de acidentes.

A compreensão desse fenômeno complexo requer, assim, um olhar detalhado. Conforme aponta a Secretaria de Transportes do Estado de São Paulo (2009) cerca de 90% dos acidentes fatais apresentaram fatores ligados ao fator humano (embora não necessariamente tenha havido uma falha do condutor), 50% dos acidentes fatais estavam ligadas ao componente de infra-estrutura (via, equipamentos e ambiente), ao passo que em 30% estavam presentes fatores ligados aos veículos. A maneira como esses três elementos se relacionam, condutor, veículo e via, varia amplamente. Em muitas situações, melhorias nas condições de segurança, quer seja do veículo quer seja da via, podem levar o usuário a aumentar a velocidade ou a dirigir de maneira mais imprudente ou desatenta, aumentando a probabilidade de ocorrência de acidentes.

O estudo pioneiro de Peltzman (1975) apontou que a obrigatoriedade da instalação de instrumentos de segurança nos veículos implicou em um aumento no comportamento de risco dos motoristas, levando, por um lado, à uma redução de mortes dos ocupantes dos veículos mas, por outro lado, a um aumento de mortes por atropelamentos e de acidentes sem fatalidade. Mais recentemente Winston et al. (2006) verificaram os efeitos sobre o comportamento dos motoristas que se utilizaram de veículos com air bag e freios ABS e, também encontraram evidências que sugerem que um aumento na sensação de segurança tendem a implicar em um maior comportamento de risco por

¹ O autor agradece a Edson Domingues por sua disponibilidade e a ajuda indispensável com o modelo de equilíbrio geral computável.

parte dos motoristas. Shikida et al (2008), com base em dados de Minas Gerais, também obteve evidências de que melhoras na segurança viária induzem a um comportamento mais desatento por parte dos condutores, corroborando a hipótese de Peltzman.

Da mesma maneira que a relação entre melhorias nas condições de segurança de veículos e vias e o número de acidentes é bastante controversa a relação entre volume de tráfego e número de acidentes, também merece uma investigação adequada. Conforme aponta Lindberg (2005) aumentos no volume de tráfego tenderão a reduzir a velocidade média dos veículos, o que poderia contribuir para uma redução no número de acidentes, ao contrário de um acréscimo proporcional nos acidentes.

Essas diferenças nos levam a duas questões básicas: qual a relação entre volume de tráfego e número de acidentes e, qual a relação entre investimentos na infraestrutura rodoviária e acidentes? Dada essas inter-relações compreende-se que as políticas públicas de logística e transportes devem levar em consideração aspectos pertinentes à segurança viária.

No entanto, ao analisarmos o planejamento de transportes em Minas Gerais, temos que embora as questões pertinentes à segurança viária tenham se tornado objeto de projeto específico do governo estadual, não foram contempladas na avaliação dos resultados dos projetos no âmbito do Plano Estratégico de Logística de Transportes (PELT-MINAS). Assim, conforme será discutido neste trabalho, essa dissociação pode causar erros de avaliação em termos da escolha de projetos prioritários, uma vez que a análise da viabilidade econômica requer que os custos dos acidentes de trânsito sejam incorporados. Deve-se ressaltar que um fator extra que vem dificultar o planejamento rodoviário no Estado, especificamente no que concerne à segurança viária, decorre do fato que as rodovias federais, que concentram o maior volume de tráfego e, portanto, o maior número de acidentes, são na sua maior parte de competência da união, o que em muitos casos acaba por dificultar ações em âmbito estadual.

Dessa maneira, este trabalho procurou reforçar a importância de se incorporar o custo dos acidentes de trânsito na formulação de políticas públicas de transporte. Nesse intuito, utilizou-se do mesmo instrumental desenvolvido no PELT-MINAS, conforme metodologia desenvolvida pela FIPE-USP, mas, lançou um olhar mais aprofundado sobre 4 projetos: recuperação da BR-262 no trecho compreendido entre Uberaba e Betim, recuperação da BR-116 nos trechos compreendidos entre a divisa de Minas Gerais com a Bahia e Governador Valadares (BR-116-N) e Governador Valadares e a divisa de Minas Gerais com o Rio de Janeiro (BR-116-S) e, duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares. Os trechos escolhidos implicaram assim em compreender efeitos sobre a rede de uma ligação transversal (BR-262), uma ligação diagonal (BR-381) e uma ligação longitudinal (BR-116). Note-se ainda que a BR-262 e a BR-381 convergem para a região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) possuindo portanto um trecho em comum de Belo Horizonte à João Monlevade, dividindo-se novamente à partir desse ponto. Por outro lado os fluxos que se direcionam da RMBH com direção ao nordeste do país utilizam como rota principal a BR-381 que em Governador Valadares encontra-se com a BR-116. O caráter de rede da infraestrutura rodoviária implica assim em que, embora os projetos analisados situem-se em Minas Gerais, os efeitos das melhorias tendem a se estender, impactando distintamente setores e regiões.

Dessa forma, além dessa introdução na seção 2, será feita uma breve explanação do PELT-MINAS, ressaltando o modelo de equilíbrio geral computável (EGC) utilizado nesse contexto, ao passo que a seção 3 apresenta os resultados do modelo salientando a necessidade de se incorporar o custo dos acidentes de trânsito para efeito de cálculo da viabilidade econômica. A seção 4 apresenta as principais conclusões levantadas.

2 O Plano Estratégico de Logística de Transportes – PELT-MINAS

No âmbito do PELT-MINAS foram calculados os custos de transporte rodoviário entre os distintos pares de origem-destino, por meio de um modelo de transportes georeferenciado. O modelo de transportes utilizado (Highway Development and Management, HDM-4) foi desenvolvido pelo Banco Mundial, sendo que este se utiliza de informações sobre o relevo, qualidade das vias e fluxo de tráfego entre outras características relevantes. Os custos levantados pelo HDM-4 foram incorporados a um modelo de EGC como “choques exógenos”. Assim, foram apreendidas características reais da rede e do fluxo de transportes que “alimentaram” o modelo de EGC, gerando resultados que permitiram propor um “portfólio” com distintas opções de investimento. Os resultados foram organizados em um ranking que analisou critérios de eficiência e equidade, proporcionando uma ferramenta eficiente para a revisão de ações dos projetos atuais do Estado, assim como para a proposição de novos projetos.

A metodologia adotada pelo PELT-MINAS, ao conciliar planejamento rodoviário e um modelo de EGC, representou um avanço metodológico importante. De uma maneira geral, o PELT identificou os trechos atuais da rede com problemas de qualidade e de capacidade (gargalos emergenciais) e, através de projeções de crescimento do tráfego e deterioração da rede, apontou gargalos futuros. Foram ainda observadas necessidades de construção ou, em alguns casos, pavimentação de trechos para complementar a rede multimodal de transportes (elos faltantes). Para cada uma das disfunções detectadas, foi proposto um projeto.

No processo de montagem da carteira de projetos do PELT-MINAS, inicialmente foram levantados os projetos disponíveis no Estado em distintas fases de andamento. Em um segundo momento, os gargalos atuais da rede foram identificados², ao passo que foram selecionados dentro dos projetos disponíveis, de acordo com o seu grau de importância e a dificuldade de implantação, aqueles que comporiam a carteira inicial de projetos. A rede atual foi alimentada com dados referentes à carteira inicial, de modo a identificar outros gargalos não detectados anteriormente assim como elos faltantes, gerando novos projetos que seriam incorporados à carteira inicial.

Dentro desse contexto, os dados de carga transportada levantados em 1992 pelo Plano Multimodal de Transportes (PMT, 1994) foram atualizados para 2007, no intuito de se obterem os impactos na rede atual de transportes. Tal atualização foi obtida por meio de multiplicadores da oferta e da demanda elaborados pela FIPE, conjuntamente com o

² Os gargalos podem ocorrer tanto devido à relação entre o nível de tráfego existente e a capacidade da rede quanto com relação à qualidade do pavimento.

modelo de Fratar³. Os resultados foram ajustados por dados disponibilizados pela Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais, que informou os valores de entradas e saídas referentes ao Estado, ao restante do país e ao exterior por município. Na etapa de ajuste foi também utilizada a matriz de origem e destino de 2001 da RMBH, assim como dados consolidados da produção indicados pelo IBGE e pesquisas com setores produtivos através da FAEMG e FIEMG. Para tanto, consideraram-se também as melhorias na rede realizadas nesse período.

Os volumes de tráfego estimados foram transformados em fluxos de veículos, de acordo com o produto transportado e os pares de origem e destino para cada zona de tráfego (ZT)⁴. Dado o foco do PELT-MINAS no transporte de cargas, considerou-se caminhões de 2 eixos, 3 eixos e 5 eixos. Considerou-se também o carregamento de automóveis e ônibus na rede de acordo com um crescimento estimado de 2% ao ano. A FIG. 1, abaixo, apresenta o carregamento da rede e o nível de serviço de acordo com o modelo HCM⁵ para 2007, onde os links classificados no padrão E e F foram considerados como gargalos.

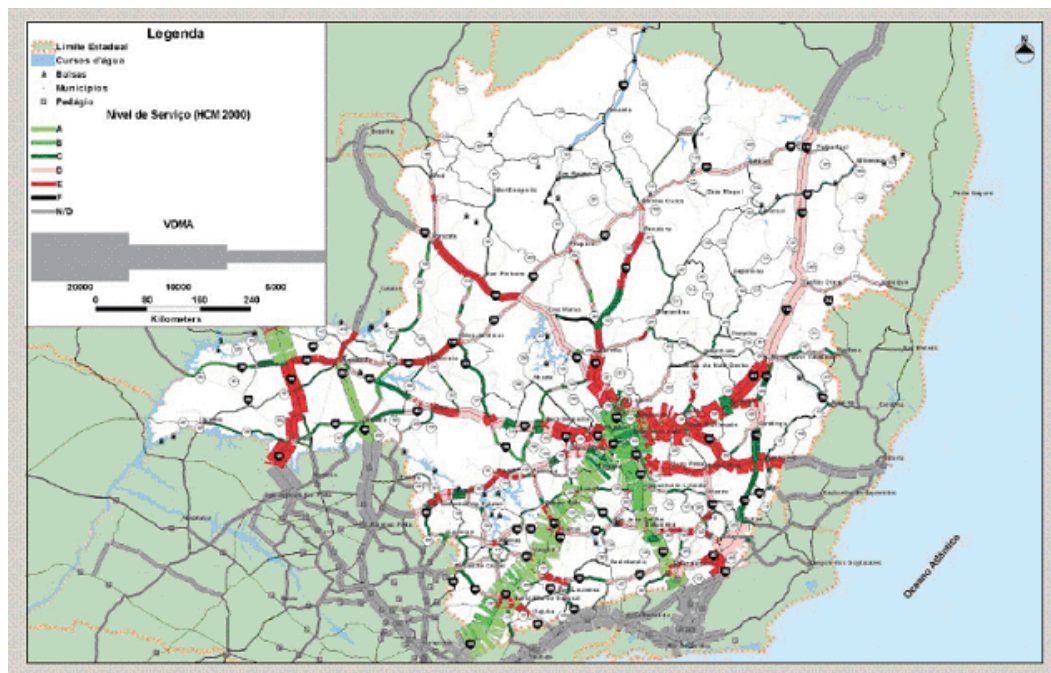


FIGURA 1 – Carregamento e nível de serviço da rede rodoviária em 2007

Fonte: MINAS GERAIS, 2006.

³ O modelo de Fratar consiste basicamente em um processo de distribuição da carga futura de cada zona de tráfego de acordo com a carga atual modificada pelo fator de crescimento da zona para qual a carga é atraída.

⁴ O modelo de EGC compreende 109 zonas de tráfego.

⁵ O modelo HCM (Highway Capacity Manual) define 6 faixas de serviço que variam de A a F, cada uma definindo uma relação de segurança e conforto resultante da relação volume/capacidade da rodovia.

Note-se, conforme a FIG. 1 que, com exceção dos trechos sul da BR-381 e BR-040, os demais corredores que convergem para a RMBH apresentam problemas de adequação. Destaca-se neste contexto o trecho Betim-Juatuba que, acumula tráfego da BR-262 e da MG-050, representando assim o pior nível de serviço do estado.

A condição do pavimento foi avaliada de acordo com o International Roughness Index (IRI), que mede o grau de irregularidade da pista. No caso do PELT, considerou-se como bom o pavimento cujo IRI foi menor que 4, ao passo que, entre 4 e 6, considerou-se o pavimento como regular, entre 6 e 8 ruim e, maior do que 8 péssimo. Foram considerados como gargalos os trechos cujo pavimento foi classificado como ruim ou péssimo.

Dessa forma, através das informações referentes ao relevo, ao tipo da pista, à condição do pavimento, ao carregamento e à capacidade da rede, obtiveram-se os custos por quilômetro rodado por tipo de veículo para 100 links. Os parâmetros considerados para caracterização da infra-estrutura rodoviária são descritos no QUADRO 1.

QUADRO 1 - Classificações possíveis para caracterização da infra-estrutura rodoviária

Relevo	Tipo de pista	Condição do pavimento
Plano	Simples	Boa
Levemente ondulado	3ª faixa	Regular
Ondulado	Dupla	Mau
Fortemente ondulado	Travessia urbana	Péssima
Montanhoso	Terra	

Fonte: MINAS GERAIS, 2006.

Determinou-se posteriormente o custo generalizado por classe de veículo por link da rede de acordo com a seguinte fórmula:

$$CG_v = (T_v * CT_{vrp}) + (Drp * CD_{vrp}) + CP_v, \quad (1) \text{ onde:}$$

CG_v = custo generalizado incorrido pelo veículo v percorrendo determinado link i ;

T_v = tempo despendido para o veículo v percorrer o link i ;

CT_{vrp} = custo operacional por unidade de tempo para um veículo do tipo v percorrer um determinado link com a condição de relevo r e a condição de pavimento p ;

Drp = extensão do link da categoria rp ;

CD_{vrp} = custo operacional por unidade de distância para um veículo do tipo v percorrer um determinado link com a condição de relevo r e a condição de pavimento p ;

CP_v = custo do pedágio incorrido no percurso do link i .

Para se calcular o custo despendido em mil quilômetros percorridos, utilizou-se o módulo VOC do modelo de transportes HDM-4⁶. Dessa forma, alguns elementos do custo operacional são diretamente influenciados pelo tempo (salários, custo da tripulação, custo do capital etc.), enquanto outros são influenciados pelas condições de relevo e de pavimento (combustível, lubrificantes, manutenção, desgaste de peças etc.), gerando a distinção proposta na equação 1. As melhorias realizadas na rede iriam assim ocasionar reduções nos custos de transporte, medidos pelo módulo VOC do HDM-4, para cada link e, conseqüentemente, para cada par de origem/destino (OD), de modo a gerarem impactos econômicos distintos por setor e região.⁷

A figura 2 abaixo, por sua vez, procura resumir esquematicamente as inter-relações entre o cálculo dos custos de transporte, calculados pelo modelo HDM-4 e sua interação com o modelo de EGC B-MARIA-MG. O modelo B-MARIA-MG corresponde a uma aplicação para Minas Gerais do modelo B-MARIA-27 (HADDAD, 2004) que, derivou do modelo B-MARIA (Brazilian Multisectoral And Regional/Interregional Analysis Model), desenvolvido por Haddad (1999). A “família” de modelos B-MARIA possui uma estrutura teórica semelhante àquela utilizada inicialmente pelo modelo MONASH-MRF (PETER *et al.*, 1996), ou seja, são modelos multi-regionais no estilo “bottom up”, nos quais os resultados nacionais derivam de agregações em âmbito regional.

A principal diferenciação do modelo B-MARIA-MG, além da ligação com os custos de transporte tratados pelo modelo HDM-4, diz respeito à regionalização proposta para Minas Gerais. O desenvolvimento do modelo B-MARIA-MG decorreu da experiência dos pesquisadores da FIPE-USP e associados no desenvolvimento de modelos de equilíbrio geral computável, aplicados a distintas finalidades. Destacam-se nesse contexto estudos sobre impactos de políticas tarifárias [Domingues (2002); Haddad et al. (2002)] e interações econômicas entre estados brasileiros [Perobelli (2004); Perobelli e Haddad (2006)], além de diversas aplicações relacionadas à avaliação de políticas de transportes [Almeida, Haddad e Hewings (2003); Almeida (2004); Haddad, (2006); Haddad e Hewings (2007); Haddad et al. (2007); Almeida e Guilhoto (2007)].

⁶ O módulo VOC (Vehicle Operating Costs) do HDM-4 calcula o custo dos usuários de veículos compreendendo: consumo de combustível, desgaste de pneus, despesas com peças para a manutenção dos veículos, despesas com mão-de-obra para manutenção dos veículos, depreciação e juros, gastos com a tripulação e custos administrativos e consumo de óleo lubrificante.

⁷ Note-se que a opção por utilizar o módulo VOC do HDM-4 faz com que efeitos importantes tais como, tempo despendido pelos usuários de veículos motorizados e não motorizados, custos de acidentes, impactos ambientais entre outros efeitos relevantes, não sejam apreendidos nessa análise.

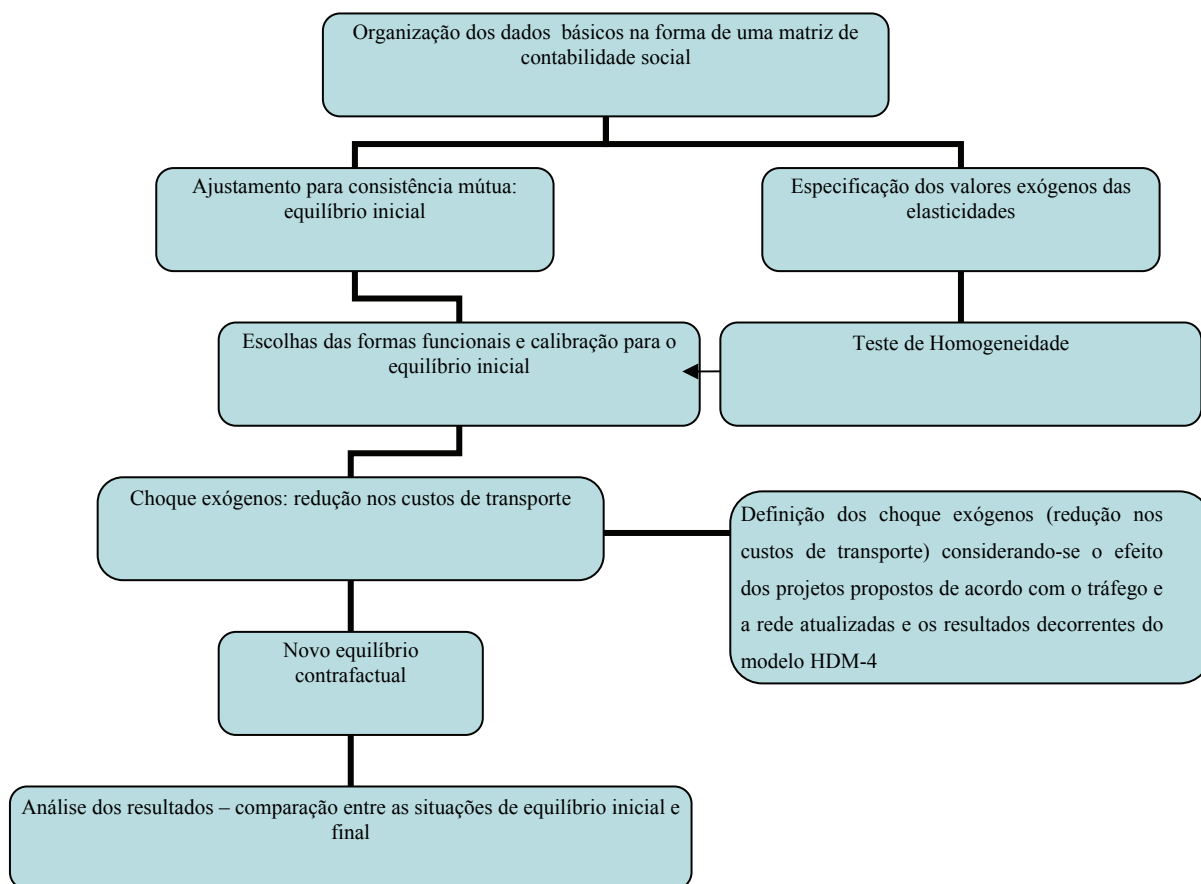


Figura 2 – Interação entre reduções nos custos de transporte e o modelo de EGC

Fonte: adaptado de Braga, et al. (2004)

Note-se que os projetos estruturadores⁸ do setor rodoviário anteriormente implementados pelo Estado, ProAcesso, ProMG, Infra-estrutura de Transportes da Região Metropolitana de Belo Horizonte - Linha Verde, Infra-estrutura de Transportes do Triângulo e Alto Paranaíba e Corredores Radiais de Integração, que não tiveram suas ações concluídas, foram reordenados entre os 44 projetos do modal rodoviário selecionados para a carteira inicial, divididos em 6 grupos. Dessa forma, a carteira inicial contou com 55 projetos: 44 projetos referentes ao modal rodoviário, 5 referentes ao modal ferroviário, 3 referentes ao modal hidroviário e 3 referentes ao modal dutoviário. O modal aéreo não foi contemplado nessa análise.

⁸ Projetos estruturadores são aqueles considerados como prioritários pelo Estado e possuem além de verba garantida uma equipe de gerenciamento específica.

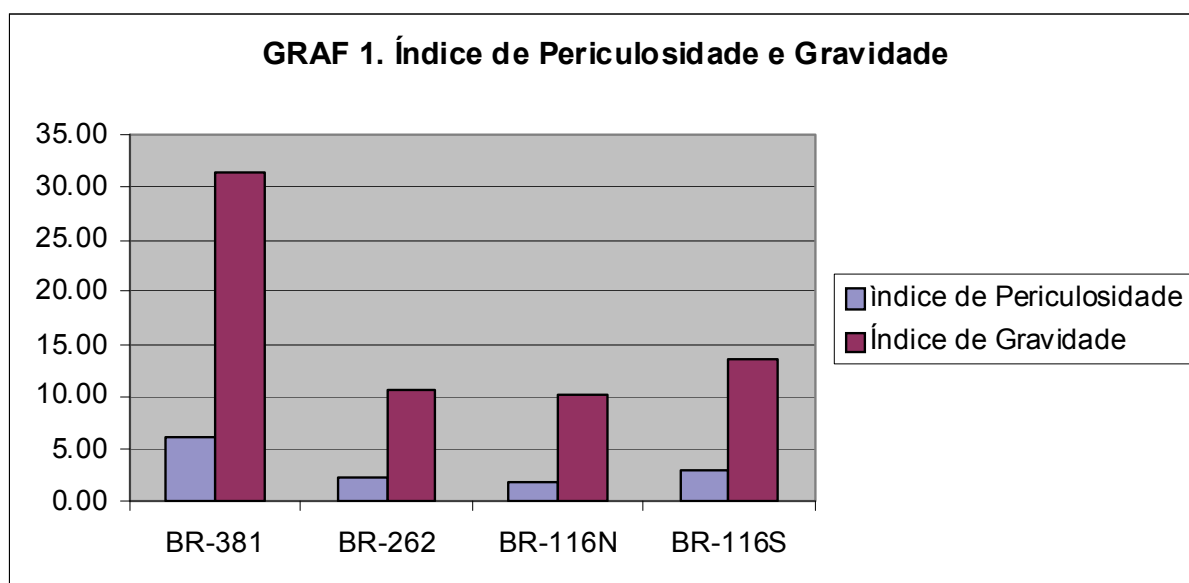
3 Incorporando o custo dos acidentes nas rodovias BR-116, BR-381, BR-262 e BR-116

Embora os custos levantados pelo módulo VOC compreendam características da via, do relevo e dos veículos utilizados, não foram levados em consideração os custos decorrentes dos acidentes de trânsito. Como resultado os benefícios aferidos pelo modelo de EGC não contemplam possíveis reduções no número de acidentes, o que sem dúvida representa um problema grave para o Brasil e especialmente Minas Gerais, conforme mencionado na introdução. Dessa maneira, conforme a TAB. 1, abaixo, ilustra, nos quatro trechos em tela ocorreram 4.893 acidentes ou, 27,82% dos acidentes ocorridos em rodovias federais em Minas Gerais em 2005. Em contrapartida os quatro trechos em questão representam aproximadamente 15,70% da malha rodoviária federal em Minas Gerais (ANTT, 2006).

TABELA 1 - Acidentes de trânsito nos trechos rodoviários considerados e em rodovias federais em Minas Gerais em 2005.

Indicadores	Valor Absoluto	% sobre os acidentes ocorridos na malha rodoviária federal de Minas Gerais em 2005
Acidentes BR-262	1.032	5,87%
Acidentes BR-381	1.923	10,93%
Acidentes BR116-S	765	4,35%
Acidentes BR-116-N	1.173	6,67%
Total de acidentes nos quatro trechos considerados	4.893	27,82%
Acidentes na malha rodoviária federal de Minas Gerais em 2005	17.592	100%

Fonte: ANTT (2006), Associação brasileira de prevenção dos acidentes de trânsito (2009) .



Fonte: Associação brasileira de prevenção dos acidentes de trânsito

O GRAF. 1 acima reforça a maior periculosidade (número de acidentes por extensão da rodovia) e gravidade (número de mortes x 13 mais número de feridos x 5 por extensão da rodovia) dos acidentes ocorridos na BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares. Note-se ainda, conforme estudo do IPEA (2006), a BR-381 apresentou os maiores índices de periculosidade e gravidade entre todas as rodovias federais analisadas, o que justifica sua triste alcunha de “Rodovia da Morte” para o trecho considerado.

Pode-se perceber ainda, conforme a tabela 2 abaixo, que o quadro dos acidentes de trânsito nas rodovias analisadas torna-se ainda mais preocupante, uma vez que estes apresentam uma tendência crescente em todas as categorias consideradas. Destaca-se nesse contexto um aumento de 58,45% e 64,92%⁹ no número de acidentes com feridos na BR-381 e BR-116-S e, um aumento de 38,60% no número de acidentes com fatalidade na BR-262 entre 2005 e 2008.

TABELA 2 – Informações sobre os acidentes de trânsito nos trechos rodoviários considerados entre 2005 e 2008

Classificação	BR-262 (km 354-797)	BR-381 (km 144-453)	BR-116-N (km 01-409)	BR-116-S (km 410-817)
acidentes sem vítimas em 2005	616	1193	408	637
acidentes com feridos em 2005	359	633	299	476
acidentes com fatalidade em 2005	57	97	58	60
total de acidentes em 2005	1032	1923	765	1173
acidentes sem vítimas em 2006	589	1266	423	691
acidentes com feridos em 2006	389	762	325	592
acidentes com fatalidade em 2006	68	106	60	64
total de acidentes em 2006	1046	2134	808	1347
acidentes sem vítimas em 2007	657	1469	473	795
acidentes com feridos em 2007	488	956	372	734
acidentes com fatalidade em 2007	65	83	70	68
total de acidentes em 2007*	1213	2509	915	1600
acidentes sem vítimas em 2007	716	1607	535	825
acidentes com feridos em 2008	539	1003	408	785
acidentes com fatalidade em 2008	79	105	64	81
total de acidentes em 2008	1334	2715	1007	1691
variação % acidentes sem vítimas 2008-2005	16,23%	34,70%	31,13%	29,51%
variação % acidentes com feridos 2008-2005	50,14%	58,45%	36,45%	64,92%
variação % acidentes com fatalidade 2008-2005	38,60%	8,25%	10,34%	35,00%
variação % total de acidentes 2008-2005	29,26%	41,19%	31,63%	44,60%

* Em 2007 não foi informada a gravidade de 3 acidentes nas BRs 262 e 116-S e 1 acidente na BR-381

Fonte: DNIT (2009)

⁹ Deve-se resaltar que parte desse aumento decorre do aumento do número de veículos em circulação o que por outro lado não minimiza a extensão do problema.

Dessa maneira, devido ao grande número de acidentes de trânsito nas rodovias analisadas e, dado o alto custo desses (tanto em termos de custos econômicos quanto em termos de perda de bem-estar), procurou-se incorporar em uma análise de custo-benefício possíveis economias decorrentes de reduções nos acidentes de trânsito. Para valorar os acidentes de trânsito foram utilizados os valores de R\$16.840 para o custo médio do acidente sem vítima, R\$86.032 para o custo médio do acidente com vítima e R\$418.341 para o custo médio do acidente com fatalidade em reais de 2005, segundo metodologia desenvolvida pelo IPEA (2006). Tal metodologia compreendeu de uma maneira “ampla” a incorporação dos seguintes custos:

- a) custos associado às pessoas – compreendendo o somatório dos custos associados aos cuidados com saúde (atendimento pré-hospitalar, hospitalar e pós hospitalar), perda de produção e remoção/translado;
- b) custos associados aos veículos – compreendendo o somatório dos custos associados aos danos materiais sofridos pelos veículos, perda de carga, remoção/guincho e reposição do veículo;
- c) custos associados à via/ambiente – compreendendo o somatório dos custos associados aos danos às propriedades públicas e privadas;
- d) custos institucionais – compreendendo custos associados ao atendimento do acidente acrescido de custos judiciais.

Os custos totais de um acidente corresponderam ao somatório dos custos associados a cada um dos itens descritos acima.

TABELA 3 - Custos estimados dos acidentes de trânsito nos trechos rodoviários considerados

Indicadores	BR-262 (km 354-797)	BR-381 (km 144-453)	BR-116-N (km 01-409)	BR-116-S (km 410-817)
a) média de acidentes sem vítimas 2005-2008	644,5	1383,75	459,75	737
b) média de acidentes com feridos 2005-2008	443,75	838,5	351	646,75
c) média de acidentes com fatalidade 2005-2008	67,25	97,75	63	68,25
d) Custo total dos acidente em R\$ de 2005 ($d = a \times R\$16.840 + b \times R\$86.032 + c \times R\$418.431$)	77.169.565	136.341.812	64.300.575	96.610.192
Custo total dos acidentes em R\$ de 2002*	59.052.315	104.332.577	49.204.603	73.928.827

Fonte: DNIT (2009).

Nota*: Deflacionado pelo IPCA-IBGE cujo valor acumulado entre 2002 e 2005 correspondeu à 30,68%.

O custo médio dos acidentes multiplicado pelo número médio de acidentes conforme a gravidade (acidentes com mortos, acidentes com vítimas, acidentes sem vítimas) entre 2005 e 2008 forneceu o custo total por trecho da rodovia. A TAB. 3, acima, apresenta os valores e cálculos onde, os valores estimados foram deflacionados para o ano de

2002, no intuito de compará-los com os benefícios estimados em termos de crescimento do PIB capturado pelo modelo de EGC.

A TAB. 4 abaixo, relaciona por sua vez, os benefícios e os custos decorrentes dos quatro projetos em questão. Os benefícios foram calculados com base na taxa de crescimento do PIB real de Minas Gerais estimada pelo modelo de EGC, supondo-se que cada um dos quatro projetos em questão fosse implementado. Considerou-se assim o valor presente líquido (VPL) de um fluxo constante correspondente à variação do PIB estimada pelo modelo de EGC, multiplicada pelo PIB de Minas Gerais, no ano base de 2002 ou, 66.467.550.000 reais. Considerou-se ainda, para cálculo do VPL, um período de 20 anos e uma taxa de desconto de 5% ao ano. Enquanto custos, foram compreendidos os valores estimados pelo PELT-MINAS (por meio do modelo HDM-4), para os custos de construção dos 4 projetos referentes ao ano de 2007, deflacionados pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC-FGV) para o ano de 2002.

A análise da TAB. 4, abaixo, permite assim observar que ao desconiderarmos os custos dos acidentes, todos os quatro projetos em questão apresentam uma relação benefício custo bastante desfavorável. Notadamente o projeto BR-381, dado o alto custo da obra e, o projeto BR-116N, dado o baixo retorno do projeto. Por outro lado, ao calcularmos o VPL de uma redução constante de 10% anuais no custo dos acidentes de trânsito, com uma taxa de desconto de 5% ao ano, o projeto BR-116-S tornar-se-ia viável. Note-se ainda que com exceção do projeto BR-262, em todos os demais, os ganhos em termos de redução no custo dos acidentes (considerando-se uma redução em 10% no custo dos acidentes) superam amplamente os ganhos em termos de variações no PIB real.

TABELA 4 - Indicadores de custo-benefício

Indicadores	Projeto BR-262	Projeto BR-381	Projeto BR-116-N	Projeto BR-116-S
a) Custos de construção (R\$ de 2002)*	351.634.861	885.114.816	97.330.905	97.013.660
b)VPL variações do PIB real em Minas Gerais (R\$ de 2002)	139.034.046	61.410.134	5.968.317	23.631.672
c) Benefício/Custo sem considerar reduções no número de acidente (c = b/a)	0,40	0,07	0,06	0,24
d) VPL em termos de reduções em 10% no custo dos acidentes (R\$ de 2002)	79.497.469	140.454.710	66.240.272	99.524.542
e) Benefício/Custo considerando-se reduções em 10% no custo total dos acidentes [e = (b+d)/a]	0,62	0,23	0,74	1,27
F) Reduções percentuais no custo total dos acidentes necessárias para transformar a relação custo benefício em 1	26,74%	58,65%	13,79%	7,37%

Fonte: Elaboração própria.

Nota*: Deflacionado pelo INCC-FGV cujo valor acumulado entre 2002 e 2007 correspondeu à 57,61%.

Foge, no entanto, do escopo desse trabalho estimar as possíveis reduções de acidentes mediante melhorias das vias, o que, além de ser uma tarefa bastante complexa, implica em um problema não trivial conforme exposto na introdução: melhorias nas vias podem aumentar a sensação de segurança dos motoristas, tornando-os menos cautelosos, de modo que o número de acidentes tenderia a aumentar e não diminuir como esperado. Shikida et al. (2008) fornece evidências empíricas sobre esse comportamento em rodovias de Minas Gerais.

Dado a dificuldade de se estimar as reduções de custos de acidentes mediante melhorias nas vias optou-se por utilizar uma abordagem diferente. A relação benefício custo foi fixada em 1, de modo a se calcular as reduções percentuais mínimas necessárias para que cada um dos quatro projetos se tornasse economicamente viável. O percentual de 58,65%, por exemplo, pode ser compreendido como a redução em termos de custos de acidentes necessária para que o projeto BR-381 se tornasse viável economicamente. Dado esse alto percentual é assim pouco provável que esse projeto se torne viável economicamente de acordo com os parâmetros considerados.

TABELA 5 – Informações sobre os Tipos de Acidentes Ocorridos na BR-381 em 2008

Tipo de Acidente	Percentual sobre o Total de Acidentes	Percentual sobre o Total de Acidentes com Mortes	Percentual de Acidentes onde ocorreram Mortes	Percentual Sobre o Custo Total dos Acidentes no Trecho Belo Horizonte Governador Valadares
Abalroamento transversal	6,70%	12,38%	7,14%	9,31%
Atropelamento	2,06%	10,48%	6,04%	5,39%
Atropelamento de animal	2,62%	1,90%	1,10%	2,02%
Capotagem	6,04%	11,43%	6,59%	8,03%
Choque com objeto fixo	2,50%	1,90%	1,10%	1,85%
Colisão frontal	6,19%	27,62%	15,93%	14,26%
Colisão traseira	22,87%	2,86%	1,65%	11,68%
Outros tipos	24,24%	12,38%	7,14%	20,31%
Saída de pista	18,67%	8,57%	4,95%	17,14%
Tombamento	8,10%	10,48%	6,04%	10,00%
Total	100,00%	100,00%	-	100,00%

Fonte: DNIT (2009).

Por outro lado, ao considerarmos a BR-381, onde o projeto em questão prevê a duplicação da via, devemos esperar uma redução significativa das colisões frontais. Conforme indica a tabela 5 acima, embora a categoria colisão frontal represente apenas 6,19% do total de acidentes, 27,62% do total de acidentes que resultaram em morte foram catalogados nessa categoria. Essa disparidade é reflexo do fato de que 15,93% dos acidentes onde ocorreu colisão frontal resultaram em mortes, percentual esse bastante superior aos demais tipos de acidentes. Como resultado, a categoria colisão frontal representa a maior participação (exceto outros tipos que englobam diversas categorias) nos custos totais dos acidentes em 2008, no trecho considerado da BR-381.

Paralelamente, conforme ressaltado por IPEA (2006, p.29) os valores informados acerca do custo médio dos acidentes subdimensiona o custo real desses, dado que componentes importantes não são valorados, ou:

“São custos decorrentes das perdas de vida ou de lesões permanentes que impossibilitam uma vida normal, que incidem tanto sobre os envolvidos nos acidentes quanto sobre as pessoas de suas relações. Esses custos são impossíveis de mensurar; mas, quando existem, na maioria da vezes, superam os demais”.

Além da ressalva acima, uma vez que o cálculo do custo de acidentes, conforme metodologia proposta pelo IPEA (2006), relevou apenas os custos econômicos diretos (despesas com custos médicos e reabilitação, custos legais, serviços de emergência, danos a propriedade) e custos econômicos indiretos (diminuição da produção resultante da perda da capacidade de trabalho temporária ou permanentemente), não foram computados os efeitos reais sobre o bem-estar das pessoas. Conforme aponta Lindberg (2005) os agentes estão dispostos a pagar uma quantia significativamente maior do que a perda de produção para reduzir a probabilidade de sofrerem acidentes. Esse componente, nomeado de “value of safety per se”, pode ser estimado indiretamente através de cálculos de disposição a pagar. Nesse contexto, a análise de custo benefício como posta acima, deve ser observada com bastante cautela, indicando que os benefícios obtidos com a redução no número de acidentes seriam consideravelmente maiores do que aqueles calculados.

Uma estratégia a ser estudada no intuito de otimizar os investimentos diz respeito a concentrar esforços na melhoria e policiamento de trechos críticos em termos de acidentes, o que tenderia a reduzir significativamente os custos das melhorias relativamente à adoção do projeto como um todo. Dessa maneira, ao observarmos os gráficos 2 e 3, abaixo, que aponta os quinze pontos do trecho da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares com maior número de acidentes conforme a gravidade em 2005 e 2008, podemos perceber que existem 7 pontos em comum entre as duas seleções, ou: kms 338, 350, 351, 365, 423, 438 e 444. Percebe-se assim um padrão comum que indica que ao se concentrar esforços em pontos específicos pode-se obter uma redução considerável dos custos dos acidentes.

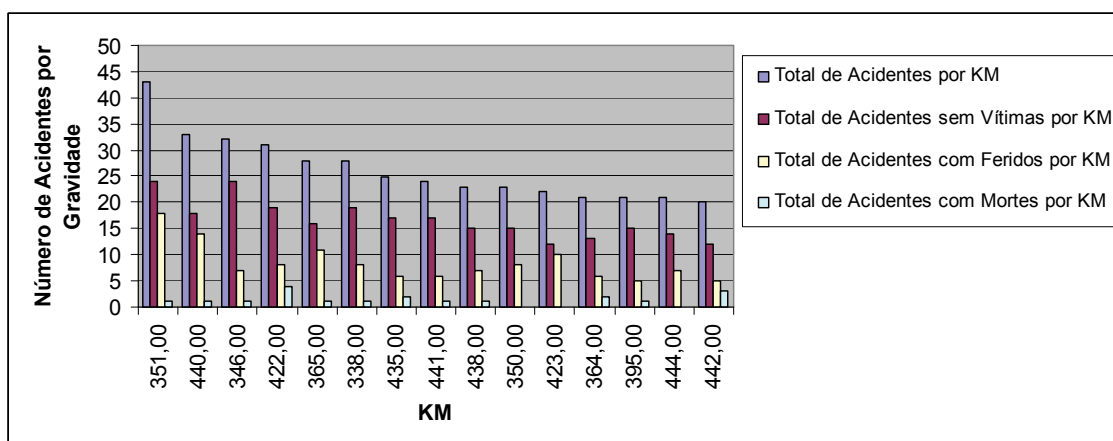


Gráfico 2 – Número de Acidentes por Km conforme Gravidade – BR-381 2005

Fonte: DNIT

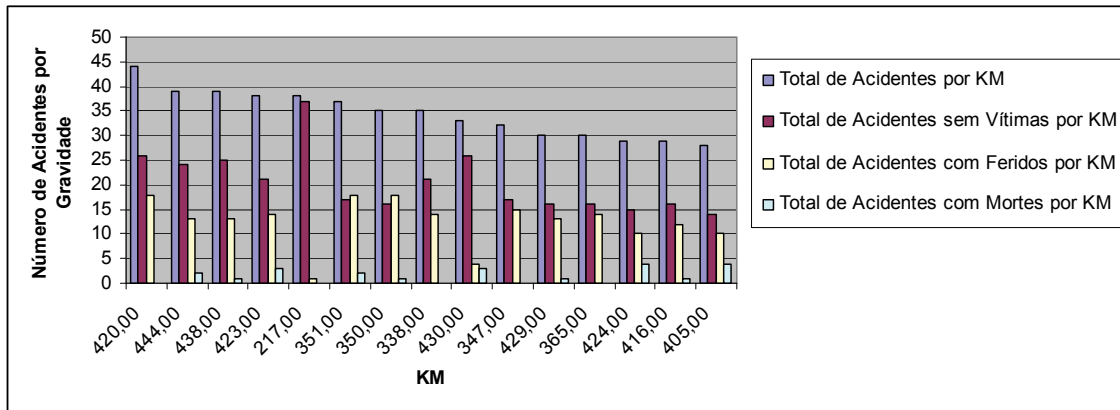


Gráfico 3 – Número de Acidentes por Km conforme Gravidade – BR-381 2008

Fonte: DNIT

Nesse contexto, conforme apontam Geurts e Wets (2003), os acidentes derivam, na sua maior parte, de um comportamento de motoristas inadequado às condições das estradas ou, inadequado às características dos veículos ou, ambos. Emerge daí o conceito de pontos críticos (black spots).

“The demands of the road environment vary due to factors such as traffic flow rates, geometric features of the road and type of road. Drivers normally adapt their performance level to the demands of the road system. A crash occurs when the driver's performance level is insufficient to meet the performance demands of the road environment. Most of the time, driver capabilities exceed performance demands. Black spots are points of peak performance demand” (p.7).

Sendo assim, melhorias na infra-estrutura tenderiam a aumentar a margem de segurança entre a performance desejável por parte dos motoristas e as características ambientais, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência de acidentes (Geurts e Wets, 2003).

Destacam-se nesse contexto como “candidatos” a pontos críticos¹⁰ as travessias urbanas ou, travessias de zonas em curso de urbanização, interseções em nível, trechos sinuosos, descidas com forte declive e pontes estreitas (Associação brasileira de prevenção dos acidentes de trânsito, 2006).

Deve-se reforçar novamente que além de características infraestruturais das rodovias tais como, geometria, deficiências no desenho viário, na sinalização ou no esquema de circulação, características comportamentais dos condutores são fundamentais para a ocorrência de acidentes. Nesse contexto, dos 8 principais fatores causadores de acidentes no Brasil apontados por Meneses (2001), apenas um deles está diretamente relacionada à oferta de infraestrutura, ou:

¹⁰ No caso específico da BR-381, dado o elevado índice de acidentes e as características geométricas da rodovia propícias a ocorrências desses, talvez uma análise mais criteriosa considerasse a idéia de um segmento crítico e não apenas pontos críticos.

“Falta de consciência da sociedade brasileira para conviver com um trânsito seguro e cordial;
Velocidades incompatíveis com as características das via;
Ingestão de álcool pelo condutor;
Ultrapassagens incorretas;
Desatenção ou imprudência do pedestre;
Mal estado de conservação dos veículos e seus equipamentos;
Rodovias deterioradas” (p, 20).

Nesse caso a correção dos pontos críticos teria um efeito limitado na redução no número de acidentes.

A seguir na seção de considerações finais, além de se resumir os principais aspectos apresentados acima, serão ainda tecidos outros argumentos para se reforçar a necessidade de medidas específicas no combate aos acidentes de trânsito.

4 Considerações Finais

A determinação dos custos e benefícios derivados de projetos de infraestrutura configura-se como um fator preponderante para a tomada de decisão por parte das autoridades competentes. Paralelamente, modelos de EGC, ao simularem o comportamento simultâneo dos agentes econômicos, configuram-se como uma ferramenta mais adequada do que modelos baseados em equilíbrio parcial para auxiliar no cálculo destes custos e benefícios. Nesse contexto, o PELT-MINAS representou um marco importante no planejamento de transportes em Minas Gerais e no Brasil, ao utilizar custos de transportes calculados por meio de um sistema georeferenciado, servindo como insumo a um modelo de EGC.

Por outro lado, a análise precedente demonstrou que a viabilidade econômica dos quatro projetos, de acordo com os parâmetros calculados pelo PELT, não se sustentou. Nesse contexto os benefícios decorrentes de possíveis reduções nos acidentes de trânsito, que não foram incorporados pelo PELT, tenderiam a suplantar os benefícios decorrentes das reduções dos custos de transportes medidos em termos de reduções no custo de operação dos veículos.

Do exposto acima, podemos considerar ainda que a redução do elevado número de acidentes na BR-381 no trecho entre Belo Horizonte e João Monlevade deve ser tratada como prioridade. Considerando-se a urgência do problema e, uma vez que um projeto de melhoria entre Belo Horizonte e Governador Valadares, orçado em R\$2,5 bilhões, deverá ser concluído apenas em 2014 (Jornal Estado de Minas,15/09/2009), esforços imediatos devem ser empreendidos. Como o custo de tal projeto superaria amplamente aquele estimado pelo modelo HDM-4, a viabilidade do projeto estaria ainda mais comprometida.

Nesse contexto, conforme mencionado na seção 3, uma alternativa interessante diz respeito à chamada análise de pontos críticos. Assim, poder-se-ia obter por meio de intervenções localizadas de engenharia a redução no número de acidentes em pontos

críticos, sem que as características gerais da rodovia sejam modificadas. Tais medidas figuram no espectro do chamado gerenciamento corretivo ((Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), 1998)). Além da BR-381 outros pontos críticos em termos de acidente devem ser levantados no Estado. Parceria entre a união, estado e municípios devem ser implementadas no intuito de atacar o problema, não só no tratamento, como no levantamento de dados e informações relevantes. Fundamentalmente devem ser adotados projetos cujo foco seja não só a melhoria logística mas, a redução do número e da gravidade dos acidentes.

Especificamente com relação ao levantamento de dados, embora o DNIT já disponibilize informações relevantes tais como, data, horário, localização, tipo do acidente e gravidade, requerem-se ainda detalhes referentes aos condutores e tipo de veículos envolvidos nos acidentes, no intuito de propor políticas mais adequadas. Por outro lado o tratamento das informações de acidentes de trânsito em Minas Gerais é ainda muito precário, dificultando a adoção de políticas voltadas para a área de segurança viária. Destaca-se aqui a necessidade de levantamentos mais atualizados a cerca do volume de tráfego nos distintos segmentos das rodovias.

Considerando-se ainda que a ocorrência de acidentes depende da interação entre condutores, veículos e meio-ambiente e assim, dada a ampla gama de fatores causadores de acidentes, além da análise de pontos críticos, outras medidas que visem a redução dos acidentes devem ser conjuntamente adotadas. Destacam-se assim, a educação para o trânsito e a fiscalização e aplicação da legislação pertinente, em especial no controle do sobrepeso, do excesso de velocidade e das ultrapassagens em locais proibidos. Nesse contexto, a divisão de competências por parte das distintas esferas de poder no controle do problema parece contraproducente em termos de redução do número de acidentes.

Referências:

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES. *Anuário Estatístico dos Transportes Terrestres – AETT 2006*. [Brasília];, 2006. Disponível em: <http://www.antt.gov.br/aett/aett_2006/index.htm>. Acesso em: 15 abr. 2008.

ALMEIDA, E. S. A duplicação da rodovia Fernão Dias: uma análise de equilíbrio geral. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 32., 2004, João Pessoa. [*Anais*]...Belo Horizonte: ANPEC, 2004. 1 CD-ROM.

ALMEIDA, E. S.; GUILHOTO, J. J. M. O custo de transporte como barreira ao comércio na integração econômica: o caso do Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 38, n. 2, p. 224-243, abr./jun. 2007.

ALMEIDA, E. S.; HADDAD, E.A; HEWINGS, G. J. D. The transport-regional equity issue revisited. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 31., 2003, Porto Seguro. [*Anais*]. [S. l.]: ANPEC, 2003. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO.

Acidentes ocorridos nas Rodovias Federais em 2005.Rodovia BR 381-MG. Disponível em: < http://www.vias-seguras.com/publicacoes/acidentes_nas_rodovias_federais>. Acesso em: 02 mar. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO.

Acidentes ocorridos nas Rodovias Federais em 2005.Rodovia BR 262-MG. Disponível em: < http://www.vias-seguras.com/publicacoes/acidentes_nas_rodovias_federais>. Acesso em: 02 mar. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO.

Acidentes ocorridos nas Rodovias Federais em 2005.Rodovia BR 116-MG. Disponível em: < http://www.vias-seguras.com/publicacoes/acidentes_nas_rodovias_federais>. Acesso em: 02 mar. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO.

Pontos Críticos. Disponível em: < [http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/localizacao_dos_acidentes/pontos_criticos/\(language\)/por-BR](http://www.vias-seguras.com/os_acidentes/localizacao_dos_acidentes/pontos_criticos/(language)/por-BR)>. Acesso em: 02 mar. 2009.

BRAGA, M. J.; REIS, B. S; SANTOS, M. L Modelos aplicados de equilíbrio geral: aspectos teóricos e aplicação. In: SANTOS, M. L. dos; VIEIRA, W da C. *Métodos quantitativos em economia*. Viçosa: Editora UFV, 2004.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES; CENTRO DE ESTUDOS EM LOGÍSTICA. *Transporte de carga no Brasil: ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país*. 2002. Disponível em: < http://www.cnt.org.br/arquivos/downloads/coppead_cargas.pdf>. Acesso em: 10 maio 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA TERRESTRE. ACIDENTES POR KM NAS RODOVIAS FEDERAIS. Disponível em : <http://www.dnit.gov.br/arquivos/downloads/coppead_cargas.pdf> recuperado em

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. Manual de análise, diagnóstico, proposição de melhorias e avaliações econômicas de segmentos críticos. Rio de Janeiro, 1988. Disponível em . Recuperado em.

DOMINGUES, P. E. *Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas*. 2002. 221 f. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

GEUTERS, K; WETS, G. Black Spot Analysis Methods: Literature Review. Disponível em: <<http://www.ctre.iastate.edu/educweb/ce552/docs/Black%20Spot%20analysis%20literature%20%20Review.pdf>> Recuperado em 12/01/2010.

HADDAD, E. A. *et al.* Assessing the economic impacts of transportation infrastructure policies in Brazil. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS REGIONAIS, 5., 2007, Recife. [Anais...]. São Paulo: ABER, 2007. 1 CD-ROM.

HADDAD, E. A.; HEWINGS, G. Analytically important transportation links: a field of influence approach to CGE Models. *Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos*, Campinas, v. 8, n.1, p. 63-84, 2007.

HADDAD, E., A.; Perobelli, F. S. Regional effects of economic integration: the case of Brasil. *Journal of Policy Modelling*, v. 24, p. 453-482, 2002.

HADDAD, E. A. *Regional inequality and structural changes: lessons from the brazilian experience*. Aldershot: Ashgate, 1999.

HADDAD, E. A. *Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional*. 2004. 203 f. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

HADDAD, E. A. Transporte, eficiência e desigualdade regional: avaliação com um Modelo CGE para o Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, Rio de Janeiro, v. 36, n. 3, p. 413-448, dez. 2006.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. *Custos dos acidentes de trânsito no Brasil*. Conferência Pan-Americana sobre Segurança no Trânsito – OPAS/OMS. Brasília, 2005. Disponível em:<http://www.criancasegura.org.br/downloads/pesquisa/Apresentacao%207.pdf>. Recuperado em 10/03/2009.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. *Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. Brasília, 2006. Relatório Executivo.

LINDBERG, G. *Measuring the Marginal Social Cost of Transport*. Research in Transportation Economics, Volume 14, 155–183, 2005.

MENESES, F, A, B. Análise e tratamento de trechos rodoviários críticos em ambientes de grandes centros urbanos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001.

MINAS GERAIS. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. *PELT – Minas: Plano Estratégico de Logística de Transportes*. Belo Horizonte, 2006.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Planejamento. *Plano Multimodal de Transportes*. Belo Horizonte, 1994.

PELTZMAN, S. *The Effects of Automobile Safety Regulation*. Journal of Political Economy (1975) v. 83, p.677-72.

PEROBELLI, F. S. *Análise Espacial das interações econômicas entre os estados brasileiros*. 2004. 246 f. Tese (Doutorado em Economia) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

PEROBELLI, F. S.; HADDAD, E. A. Exportações internacionais e interações regionais: uma análise de equilíbrio geral. *Estudos Econômicos*, São Paulo v. 36, n.4, p. 833-866, out./dez.2006.

PETER, M. W. *et al. The theoretical structure of MONASH-MRF: preliminary, IMPACT project*. Clayton: Monash University, 1996. (Working Paper , OP-85).

SECRETARIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO PAULO. Os Transportes no Estado de São Paulo – Balanço Anual 2007. Disponível em: <http://www.transportes.sp.gov.br/v20/downloads/bilan2007/cap6.pdf>. Recuperado em 26/09/2009.

SHIKIDA, C, D; ARAÚJO J, A, F Jr; CASTRO, G. "Economic Determinants of Driver's Behavior in Minas Gerais." *Economics Bulletin*, Vol. 8, No. 10 pp. 1-7 (2008).

WINSTON, C; MAHESHRI V; MANNERING, F. *An exploration of the offset hypothesis using disaggregate data: The case of airbags and antilock brakes*. Journal of Risk and Uncertainty (2006) v. 32, p.83-99.