

PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO EM MINAS GERAIS: UMA ANÁLISE DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL INCORPORANDO O CUSTO DOS ACIDENTES PARA AS RODOVIAS BR-381, BR-262 E BR-116*

Carlos Eduardo da Gama Torres**

Este trabalho pretende destacar o Plano Estratégico de Logística de Transportes de Minas Gerais (PELT-Minas), lançando luz sobre algumas questões que necessitam ser mais bem detalhadas, no intuito de se aprimorar o planejamento de transportes rodoviário em Minas Gerais e no Brasil. Serão considerados com mais profundidade os seguintes projetos: duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares; recuperação da BR-262 entre Belo Horizonte e Uberaba; recuperação da BR-116 entre a divisa de Minas Gerais e Bahia até a cidade de Governador Valadares; e recuperação da BR-116 entre Governador Valadares e a divisa de Minas Gerais com o estado do Rio de Janeiro. Alterações nos custos de transporte medidas pelo modelo de transportes HDM-4 foram incorporadas como um vetor de choques exógeno ao modelo de equilíbrio geral computável B-MARIA-MG. Possíveis reduções no custo dos acidentes de trânsito decorrentes das melhorias implementadas foram incorporadas a uma análise de custo-benefício.

Palavras-chave: planejamento de transportes; BR-381; BR-262; BR-116; modelo de equilíbrio geral computável; custo dos acidentes de trânsito.

ROAD TRANSPORT PLANNING IN MINAS GERAIS: A GENERAL COMPUTABLE EQUILIBRIUM MODEL INCORPORATING THE ACCIDENT COSTS OF THE BR-381, BR-262 AND BR-116 ROADS

This work focus on the strategic planning for transportation logistics of Minas Gerais State (PELT-Minas). This study considered the effects of the following projects: the addition of a second lane road to BR-381 in the segment between the cities of Belo Horizonte and Governador Valadares; the reconstruction of the segment of the road BR-262 between the cities of Belo Horizonte and Uberaba; the reconstruction of the segment of the road BR-116 between the border of the States of Minas Gerais and Bahia and the city of Governador Valadares; and the reconstruction of the segment of the road BR-116 between the city of Governador Valadares and the border of the States of Minas Gerais and Rio de Janeiro. Transportation costs changes measured by the model HDM-4 model were incorporated as an exogenous shock vector to the computable general equilibrium model B-MARIA-MG. Saving costs provided by the reduction of car accidents were incorporated to better understand the cost benefit aspects of the four projects analyzed.

Keywords: transports planning; BR-381 road; BR-262 road; BR-116 road; general equilibrium model; car accidents costs.

* O autor agradece a Edson Domingues por sua disponibilidade e ajuda indispensável com o modelo de EGC.

** Professor do Departamento de Ciências Econômicas e Gerenciais (DECEG) da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

PLANEAMIENTO DEL TRANSPORTE CARRETERO EN MINAS GERAIS: UN ANALISIS DE UM MODELO DE EQUILIBRIO GENERAL COMPUTABLE QUE INCORPORA LOS COSTOS DE LOS ACCIDENTES EN LAS CARRETERAS BR-381, BR-262 Y BR-116

Este trabajo pretende destacar el Plan Estratégico de Transporte Logística (Pelt-Minas), analizando algunos problemas que necesitan una explicación más detallada con el fin de mejorar la planificación del transporte por carreteras, en el estado de Minas Gerais y en Brasil. Se considerarán con mayor profundidad los siguientes proyectos: la duplicación de la BR-381 entre Belo Horizonte y Governador Valadares, la recuperación de la BR-262 desde Belo Horizonte a Uberaba, la recuperación de la BR-116 entre la frontera de Minas Gerais y Bahía a la ciudad de Governador Valadares, la recuperación de la BR-116 entre Governador Valadares y la frontera de Minas Gerais con el estado de Río de Janeiro. Los cambios en los costos de transporte, medidos por el modelo de transporte de HDM-4 se incorporaron como un vector de perturbaciones exógenas en el modelo de equilibrio general computable B-MARIA-MG. Posibles reducciones en el costo de los accidentes de tráfico derivados de las mejoras realizadas se incorporaron a un análisis de costo-beneficio.

Palabras clave: planificación del transporte; BR-381; BR-262; BR-116; equilibrio general computable; costo de los accidentes de tráfico.

PLAN DE TRANSPORT ROUTIÈRE EN MINAS GERAIS: UNE ANALYSE D'ÉQUILIBRE GÉNÉRAL COMPUTABLE EN AJOUTENT LE COÛT DES ACCIDENTS POUR LES ROUTES BR-381, BR-262 ET BR-116

Cette recherche prétends détailler le Plan Strategique de Logistique de Transports (PELT-Minas), pour éclaircir quelques questions qui ont besoin d'être plus minutieuses, avec l'envie d'améliorer le plan de transports routier en Minas Gerais et au Brésil. Ils vont être considérés plus profondément les projets suivants: duplication de l'autoroute BR-381 entre Belo Horizonte et Governador Valadares; récupérations des autoroutes BR-262 entre Belo Horizonte et Uberaba, BR-116 entre la frontière de Minas Gerais et Bahia jusqu'à Governador Valadares, et de Governador Valadares jusqu'à la frontière entre Minas Gerais et Rio de Janeiro, quand même. Des altérations aux coûts du transport mesurées par le modèle de transports HDM-4 ont été incorporées comme un vecteur exogène des chocs au modèle d'équilibre général B-MARIA-MG. Des possible réductions sûr le coût des accidents de trafic originaires des améliorations implantées ont été ajoutées à une analyse de coût-bénéfice.

Mots-clés: la planification des transports; BR-381; BR-262; BR-116; équilibre general calculable; coût des accidents de trafic.

1 INTRODUÇÃO

A relação entre transporte, desenvolvimento econômico e distribuição de renda envolve a interação entre aspectos diversos, tais como: produtividade, geração de renda e emprego, meio ambiente e qualidade de vida. Paralelamente, regiões e setores respondem de maneira diferenciada às reduções nos custos de transporte. Enquanto algumas regiões (setores) podem crescer, outras podem sofrer “esvaziamentos”. O setor de transportes gera ainda uma série de externalidades, causando efeitos no próprio setor de transportes (congestionamento e acidentes etc.) ou fora dele (poluição, barulho etc.), efeitos estes difíceis de mensurar.

Paralelamente, investimentos em determinado modal ou região podem implicar dois dos principais *trade-offs* que as escolhas econômicas envolvem: aumento da eficiência *versus* diminuição da equidade e geração de riqueza *versus* deterioração ambiental. Por exemplo, um investimento em infraestrutura de transportes em determinada região pode aumentar a eficiência do sistema, levando também a um aumento da desigualdade regional. Da mesma maneira, investimentos no modal rodoviário podem aumentar mais a produtividade das firmas do que investimentos em modais que causem menores impactos ambientais.

Considerando-se ainda que a melhoria da oferta de infraestrutura por si só não irá propiciar desenvolvimento econômico – sendo que em algumas situações poderá ocorrer crescimento de uma região em detrimento de outra, além da necessidade de se identificar quais os investimentos em transportes que deverão ser priorizados –, requer-se uma análise mais abrangente que possa também apontar políticas públicas que venham, por um lado, reforçar os efeitos positivos e, por outro lado, minorar os efeitos negativos de investimentos em infraestrutura de transportes rodoviários.

Embora nos últimos anos tenha se observado um aumento dos investimentos em infraestrutura rodoviária, a necessidade de avaliação destes investimentos faz-se ainda mais necessária em Minas Gerais devido a dois pontos principais: a carência de infraestrutura de transportes rodoviários, tanto em extensão quanto em qualidade das vias, e o fato de que, em geral, as regiões com as piores condições da malha rodoviária apresentam um desempenho econômico mais modesto. Neste contexto, o estado contratou a Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe), da Universidade de São Paulo (USP), para a elaboração do Plano Estratégico de Logística de Transportes (PELT-Minas).

O modelo de transportes utilizado no PELT-Minas é o Highway Development and Management (HDM-4), desenvolvido pelo Banco Mundial, e utiliza informações sobre o relevo, a qualidade das vias, o fluxo de tráfego, entre outras características relevantes da rede viária. Os custos de transporte estimados pelo HDM-4 foram incorporados a um modelo de equilíbrio geral computável (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 metodologia capaz de auxiliar o estado na revisão de ações dos projetos atuais e na elaboração de novos projetos.

O modelo de EGC utilizado no PELT-Minas, modelo B-MARIA-MG, vem sendo desenvolvido e utilizado há bastante tempo a partir dos esforços empreendidos pelo professor Eduardo Haddad e por pesquisadores associados

à Fipe USP. Este trabalho utilizou-se, portanto, do mesmo instrumental desenvolvido no PELT-Minas, mas lançou um olhar mais aprofundado sobre quatro 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, e Governador Valadares e a divisa de Minas Gerais com o Rio de Janeiro; e duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares. Os trechos escolhidos implicaram, assim, compreender efeitos sobre a rede de uma ligação transversal (BR-262), uma ligação diagonal (BR-381) e uma ligação longitudinal (BR-116). Note-se 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 a João Monlevade, dividindo-se novamente a partir deste ponto. Por seu turno, 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 que, embora os projetos analisados situem-se em Minas Gerais, os efeitos das melhorias tendem a se estender, impactando distintamente setores e regiões.

O objetivo deste trabalho é inicialmente demonstrar por meio dos quatro trechos rodoviários escolhidos e da metodologia desenvolvida para o PELT-Minas que melhorias na oferta de infraestrutura impactam de maneira diferenciada as distintas regiões, podendo até mesmo implicar perdas para algumas delas. Em um segundo momento argumenta-se que a análise da viabilidade econômica dos projetos requer que os custos dos acidentes de trânsito sejam incorporados, uma vez que, além da questão ética implícita, a redução destes custos pode inclusive superar possíveis ganhos logísticos.

Para tanto, além desta introdução, a seção 2 resume os procedimentos metodológicos implementados no âmbito do PELT-Minas, destacando algumas características do modelo de equilíbrio geral computável. A seção 3 apresenta resultados das simulações realizadas, enquanto a seção 4 reforça a importância de se compreender um aspecto pouco relevado no PELT-Minas: a necessidade de se compreender a dimensão dos acidentes de trânsito nas rodovias. A seção 5 conclui o trabalho apresentando sugestões para se refinar o planejamento de transportes em Minas Gerais. Este artigo pode ainda servir de parâmetro para estudos em nível nacional.

2 O MODELO DE EQUILÍBRIO GERAL COMPUTÁVEL B-MARIA-MG NO CONTEXTO DO PELT-MINAS

De uma maneira geral, o PELT-Minas identificou os trechos atuais da rede com problemas de qualidade e de capacidade (gargalos emergenciais) e, por meio 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 identificados,¹ ao passo que foram selecionados nos projetos disponíveis, de acordo com seu grau de importância e 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.

Note-se que o PELT-Minas teve como uma de suas características principais o planejamento de longo prazo. Dessa maneira foram consideradas quatro “janelas de tempo” para se proceder às intervenções. A janela 1 considerou o período entre o início de 2007 e o fim de 2010; a janela 2, o período compreendido entre o início de 2011 e o término de 2014; a janela 3, o período compreendido entre o início de 2015 e o término de 2018; e a janela 4, o período compreendido entre o início de 2019 e o término de 2022.

Nesse contexto, os dados de carga transportada levantados em 1992 pelo Plano Multimodal de Transportes (PMT) de 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 modelo de Fratar.² Os resultados foram ajustados por dados disponibilizados pela Secretaria 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 origem/destino (OD) de 2001 da RMBH, assim como dados consolidados da produção indicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e de pesquisas com setores produtivos por meio da Federação da Agricultura e Pecuária do Estado de Minas Gerais (FAEMG) e da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG). Para tanto, consideraram-se também as melhorias na rede realizadas neste período.

Os procedimentos efetuados para a atualização da rede nas janelas subsequentes consideraram a inclusão dos projetos realizados na rede na janela anterior, assim como a deterioração do pavimento. Quanto à demanda por tráfego, consideraram-se

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

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

taxas de crescimento específicas para cada segmento, além da transferência de carga para o modal ferroviário. Os resultados e as taxas de crescimento aplicadas para os distintos horizontes temporais são apresentados na tabela 1.

TABELA 1
Carga total movimentada no estado de Minas Gerais em diferentes horizontes, por produto

Produtos	Total (1 mil tonelada/ano)						Taxa (% a.a.)	
	1992	2007	2011	2015	2019	2023	1992-2007	2007-2023
Minério de ferro	114.348	216.976	279.239	326.660	418.171	495.747	4,4	5,3
Carga geral	97.679	141.122	144.778	150.449	158.344	169.259	2,5	1,1
Petróleo	21.666	33.518	34.850	37.307	38.269	40.794	3,0	1,2
Calcário	14.911	24.418	28.047	32.687	34.928	40.295	3,3	3,2
Produtos siderúrgicos	13.628	42.531	45.239	47.557	51.175	55.769	7,9	1,7
Ferro gusa	9.833	16.531	17.986	19.331	21.372	23.760	3,5	2,3
Carvão vegetal	9.444	10.291	11.042	11.761	12.436	13.087	0,6	1,5
Cimento	9.390	9.678	11.531	11.902	14.824	17.753	0,2	3,9
Aubos e fertilizantes	9.190	14.630	15.823	16.027	17.580	19.238	3,1	1,7
Soja e derivados	7.606	2.404	2.453	2.462	2.593	2.687	-7,4	0,7
Milho e cereais	6.254	9.950	13.325	15.170	16.079	16.968	3,1	3,4
Leite e derivados	5.694	6.847	7.701	8.763	10.118	11.266	1,2	3,2
Carvão mineral	5.211	10.955	11.692	13.759	14.416	15.088	5,1	2,0
Hortifrutigranjeiros	4.738	7.085	7.757	8.157	8.823	9.334	2,7	1,7
Outros minérios	3.971	7.843	10.139	14.126	14.852	16.712	4,6	4,8
Álcool	2.747	2.800	3.548	4.067	4.324	5.141	0,1	3,9
Açúcar	2.345	2.221	2.702	3.034	3.242	3.419	-0,4	2,7
Papel e papelão	1.987	2.031	2.625	2.790	3.023	3.316	0,1	3,1
Gado em pé	1.576	2.477	2.723	2.871	3.114	3.305	3,1	1,8
Café	1.466	2.860	3.108	3.408	3.685	3.928	4,6	2,0
Rochas ornamentais	1.422	3.265	3.658	3.867	4.540	5.383	5,7	3,2
Celulose	1.259	1.369	1.451	1.524	1.632	1.763	0,6	1,6
Total	346.365	571.802	661.417	737.679	857.540	974.012	3,4	3,4

Fonte: Minas Gerais (2006).

Os volumes de tráfego expostos na tabela 1 foram transformados em fluxos de veículos, de acordo com o produto transportado e os pares de origem e destino para cada uma das 109 zonas de tráfego (ZTs) consideradas. Dado o foco do PELT-Minas no transporte de cargas, foram consideradas caminhões de dois eixos, três eixos e cinco eixos. Levou-se em conta também o carregamento de automóveis e ônibus na rede de acordo com um crescimento estimado de 2% ao ano (a.a.).

O “carregamento” da rede e o nível de serviço foram classificados de acordo com o modelo Highway Capacity Manual (HCM)³ para 2007, em que os *links* classificados no padrão E e F foram considerados como gargalos. 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 como ruim; e maior que 8 considerou-se péssimo. Foram considerados como gargalos os trechos cujo pavimento foi classificado como ruim ou péssimo. Dessa forma, por meio 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 infraestrutura rodoviária são descritos no quadro 1.

QUADRO 1

Classificações possíveis para caracterização da infraestrutura rodoviária

Relevo	Tipo de pista	Condição do pavimento
Plano	Simples	Boa
Levemente ondulado	Terceira faixa	Regular
Ondulado	Dupla	Ruim
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 equação:

$$CGv = (Tv * CTvrp) + (Drp * CDvrp) + CPv \quad (1)$$

Na equação, CGv é o custo generalizado incorrido pelo veículo v percorrendo determinado *link* i ; Tv é o tempo despendido para o veículo v percorrer o *link* i ; $CTvrp$ é o 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 é a extensão do *link* da categoria rp ; $CDvrp$ é o 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 ; e CPv é o custo do pedágio incorrido no percurso do *link* i .

3. O modelo Highway Capacity Manual (HCM) determina seis 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.

Para se calcular o custo despendido em mil quilômetros percorridos, utilizou-se o módulo Vehicle Operating Costs (VOC) do modelo de transportes HDM-4.⁴ 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 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 e destino, de modo a gerarem impactos econômicos distintos por setor e região. 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 nesta análise. Considerou-se, no entanto, que a metodologia utilizada no PELT-Minas com a utilização do módulo VOC representou um avanço considerável, pois compreende de maneira satisfatória características pertinentes a pavimento, geometria e capacidade da rede, conferindo assim um grau de heterogeneidade às distintas regiões.

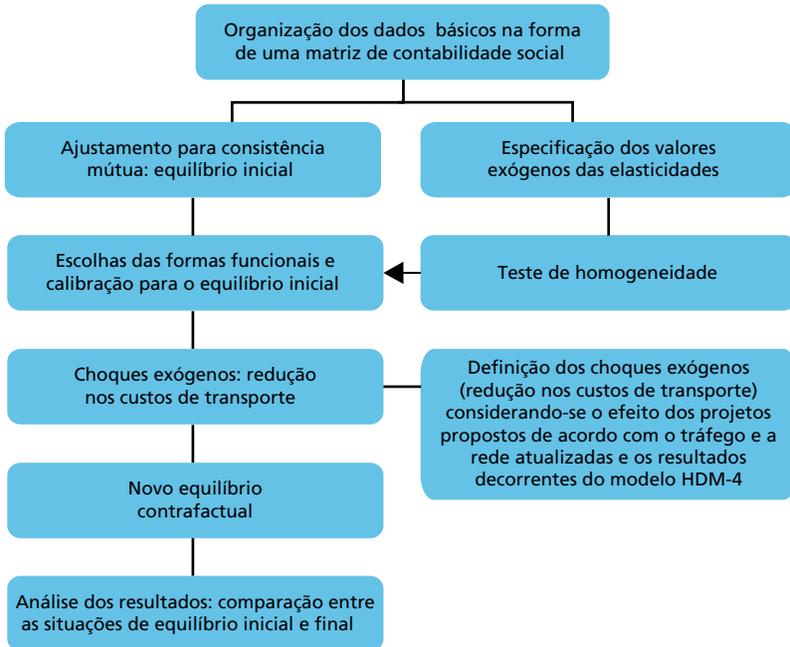
Com relação ao modelo B-MARIA-MG, utilizado no PELT-Minas e aqui descrito, temos que este corresponde a uma aplicação para Minas Gerais do modelo B-MARIA-27 (Haddad, 2004) que, por sua vez, derivou do modelo Brazilian Multisectoral And Regional/Interregional Analysis Model (modelo B-MARIA), desenvolvido por Haddad (1999). A “família” de modelos B-MARIA possui uma estrutura teórica semelhante àquela utilizada inicialmente pelo modelo MO-NASH-MRF (Peter *et al.*, 1996), ou seja, são modelos multirregionais 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 vasta experiência dos pesquisadores da Fipe-USP e associados no desenvolvimento de modelos de EGC, aplicados a distintas finalidades. Destacam-se, neste contexto, os estudos sobre impactos de políticas tarifárias (Domingues, 2002; Haddad e Perobelli, 2002); interações econômicas entre estados brasileiros (Perobelli, 2004; Perobelli e Haddad, 2006); além de diversas aplicações

4. O modelo Highway Development and Management (HDM-4) foi desenvolvido pelo Banco Mundial e tem sido amplamente utilizado para calcular custos de transporte entre distintos pares de origem e destino. O módulo Vehicle Operating Costs (VOC) 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.

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).

FIGURA 1
Interação entre as reduções nos custos de transporte e o modelo de EGC



Fonte: Adaptado de Braga, Reis e Santos (2004).

O modelo B-MARIA-MG pertence à classe de modelos de EGC do tipo Johansen, nos quais as soluções decorrem da resolução simultânea de um sistema de equações lineares. Assume-se, assim, que as equações são diferenciáveis e que o número de variáveis é maior que o número de equações, de modo que $n-m$ variáveis devam ser fixadas exogenamente. Este processo é conhecido como “fechamento” do modelo. As equações do modelo correspondem à demanda de cada um dos usuários (produtores, investidores, famílias, exportadores, governos regionais e governo federal) por fatores ou produtos finais, além de equações decorrentes da hipótese de lucros puros iguais a zero. Assume-se ainda que uma solução inicial V^* exista, sendo ela obtida por meio da calibração inicial do modelo.

Nesse contexto, alterações de 1 ponto percentual (p.p.) nas variáveis exógenas irão proporcionar variações percentuais correspondentes nas variáveis endógenas – dado que o modelo foi linearizado. Definidas as variáveis exógenas para o

“fechamento” do modelo, podem-se gerar choques exógenos, como uma melhoria na infraestrutura de transportes, levando a reduções das margens de transporte e, portanto, alterações do sistema. Desta maneira, enquanto o modelo de equilíbrio geral fornece resultados referentes à interação entre os diversos agentes, o modelo de transporte fornece a interação entre as regiões (Araújo, 2006). Os resultados acerca das interações regionais estarão condicionados, portanto, à especificação da função transporte. A figura 1 demonstra de maneira esquemática este procedimento.

Com relação às características específicas do modelo B-MARIA-MG, visto que a base original de dados de fluxo de transporte utilizada no PELT-Minas foi a matriz OD de cargas de 1992, utilizou-se o mesmo zoneamento de tráfego adotado pelo PMT (Minas Gerais, 1994), considerando-se 75 zonas de tráfego internas a Minas Gerais e 34 zonas de tráfego externas, totalizando 109 regiões. Entre as regiões externas a Minas Gerais, destacam-se as ZTs de São Paulo, Curitiba, Rio de Janeiro e Campinas, como as principais origens ou destinos dos fluxos de comércio do estado.

O modelo B-MARIA-MG, alimentado pelos dados referentes à redução dos custos de transporte entre as 109 zonas de tráfego, gerou como resultado alterações em diversos indicadores, tais como: produto regional bruto (PRB), arrecadação de impostos, emprego, exportações, concentração de renda, nível de atividade e bem-estar (variação equivalente). Os resultados são considerados não só sobre cada uma das regiões, como também sobre cada um dos oito setores estudados pelo modelo.

O modelo B-MARIA-MG foi especificado com seis tipos de agentes: setores produtivos, investidores, famílias, setor externo, governo regional e governo federal. Dessa forma, cada região compreende uma família, um governo regional, oito setores produzindo oito bens, além do governo federal. O quadro 2 apresenta a matriz de absorção do modelo B-MARIA-MG, na qual as colunas representam os seguintes agentes:

- produtores domésticos (usuário 1) distribuídos em J indústrias e Q regiões;
- investidores (usuário 2) distribuídos em J indústrias e Q regiões;
- famílias (usuário 3) representativas para cada uma das Q regiões;
- um setor externo (usuário 4);
- governo regional (usuário 5) para Q regiões; e
- governo federal (usuário 6) para Q regiões.

QUADRO 2
Matriz de absorção do modelo B-MARIA-MG

			1	2	3	4	5	6
			Produtores	Investidores	Famílias	Exportações	Governo regional	Governo federal
		dimensão	8x109	8x109	109	1	109	109
Fluxos básicos	8	ZTO1 até ZTIO9, importação	BAS1	BAS2	BAS3	BAS4	BAS5	BAS6
Margens	8	ZTO1 até ZTIO9, importação	MAR1	MAR2	MAR3	MAR4	MAR5	MAR6
Impostos	8	ZTO1 até ZTIO9, importação	TAX1	TAX2	TAX3	TAX4	TAX5	TAX6
Capital	1	CAP						
Trabalho	1	TRAB						
Outros custos	1	OCT						

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.
Elaboração do autor.

As linhas da matriz de absorção representam a origem (setorial e regional) dos fluxos básicos (BAS), das margens (MAR) e dos impostos (TAX). Além dos insumos intermediários, são utilizados os fatores capital e trabalho no processo produtivo, ao passo que a linha de outros custos opera como um resíduo de gastos das indústrias. Conforme aponta Perobelli (2004), por meio da matriz de absorção, pode-se perceber que a estrutura teórica do modelo deve conter: equações de demanda para os seis usuários; equações determinantes de preços dos produtos e fatores; equações de equilíbrio dos mercados; e equações que definam os impostos e margens que incidem sobre os bens.

A figura 2 ilustra a tecnologia de produção conforme considerada pelo modelo B-MARIA-MG. No primeiro nível da função de produção, os bens domésticos são combinados por uma função CES, a partir das 109 origens regionais. No segundo nível da função de produção, os bens domésticos são combinados, também por meio de uma CES, aos bens importados. No terceiro nível da função de produção, os agregados dos bens domésticos e importados são combinados aos demais bens e fatores primários por uma função do tipo Leontief, gerando o produto final. A produção dos bens de capital também possui uma estrutura semelhante, exceto pelo fato de que é desconsiderada neste caso a utilização de fatores primários.

Os valores das elasticidades de substituição inter-regional (elasticidades de Armington) e de substituição doméstico/importado podem ser consultados em Haddad (2004) e Torres (2009) nas seções que descrevem a base de dados do modelo. Nestas seções, são também descritos os valores das elasticidades de

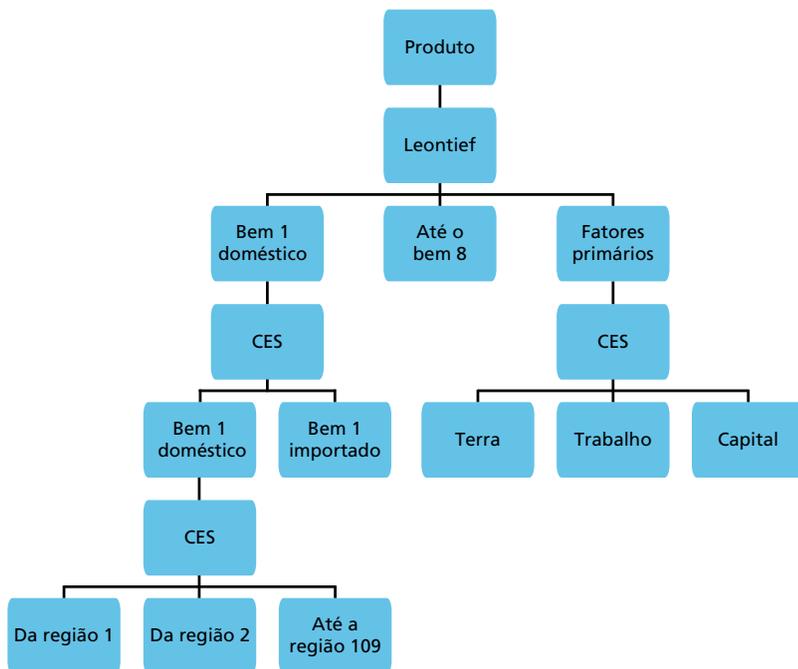
substituição regional e doméstico/importado, entre outros parâmetros necessários à estimação da demanda regional das famílias. O comportamento dos demais usuários, assim como dados referentes ao banco de dados, podem também ser obtidos nas referências citadas.

É ainda importante ressaltar, conforme aponta Domingues (2002, p. 3), a diferença fundamental entre modelos de equilíbrio geral computável e modelos de insumo-produto:

Uma vantagem que a abordagem de equilíbrio geral apresenta em relação aos métodos tradicionais, como de insumo-produto, é partir da hipótese de preços flexíveis determinados endogenamente. Modelos de insumo-produto também são, por natureza, modelos de equilíbrio geral, consistentes com modelos keynesianos de multiplicador. Estes modelos assumem implicitamente oferta perfeitamente elástica e preços fixos, de forma que as mudanças projetadas derivam de alterações exógenas na demanda. Um modelo walrasiano de equilíbrio geral, que se baseia na teoria neoclássica, especifica elasticidades de oferta imperfeitas, e o equilíbrio entre demanda e oferta é atingido por preços flexíveis. Dessa forma, movimentos de realocação de recursos, que respondem a variações nos preços relativos (decorrentes, por exemplo, de choques exógenos), podem ser avaliados.

FIGURA 2

Estrutura padrão de produção de produtos e bens de capital



Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

Dessa maneira, se por um lado a estrutura complexa dos modelos de EGC possibilita uma boa compreensão das inter-relações entre os diversos setores e regiões analisadas, por outro lado, implica também dificuldades em sua operacionalização e exposição. Neste contexto as relações causais do modelo envolvem milhares de equações, de modo que para efeito de ilustração serão apresentadas as equações referentes à demanda por exportações, à demanda do governo regional e à demanda por margens. Recomenda-se para uma melhor compreensão das equações e relações causais do modelo B-MARIA-MG a leitura de Haddad (1999; 2004), Domingues (2002), Perobelli (2004) e Torres (2009).

A equação 2 indica que as variações percentuais nas exportações do bem i a partir da origem s $x4r(i,s)$ dependem da variação percentual nos preços $p4r(i,s)$ e das variáveis de deslocamento $fep(i)$, $feq(i)$ e $natfep$, que representam, respectivamente, um termo de deslocamento no preço e na quantidade do produto i e um termo de deslocamento global da economia. O termo $EXP_ELAST(i)$ corresponde à elasticidade da demanda por exportações pelo bem i :

$$x4r(i,s)-feq(i)=EXP_ELAST(i)*[p4r(i,s)-fep(i)-natfep] \quad (2)$$

Com relação à demanda do governo regional, tem-se que esta é representada pela equação 3.

$$x5a(i,s,q)=cr(q)+f5a(i,s,q)+f5gen(q)+natf5gen \quad (3)$$

A equação 3 indica que a variação percentual na demanda do governo regional pelo bem i produzido em s e consumido em q $x5a(i,s,q)$ depende da variação percentual na renda das famílias nas regiões $cr(q)$ e das variáveis de deslocamento $f5a(i,s,q)$, $f5gen(q)$ e $natf5gen$, que representam, respectivamente, um termo de deslocamento na demanda do governo regional específica por produto e origem, específica por região e geral. A demanda do governo federal nas regiões segue uma estrutura semelhante, com a exceção de que é proporcional à renda nacional e não à renda regional.

As margens no modelo B-MARIA-MG incluem serviços de transporte, compreendendo, assim, custos de transferência de uma maneira geral. Desse modo, embora na estrutura teórica do modelo exista mais de um tipo de bem margem, em sua operacionalização considerou-se apenas um tipo de margem. A exemplo da demanda por exportações e da demanda por gastos do governo, existe também uma proporcionalidade entre as demandas por margens e os fluxos dos bens associados, conforme a equação 4.

$$XMARG(i,s,q,r)=AMARG(i,s,q,r)[\eta(i,s,q,r)*X(i,s,q)^{\theta(i,s,q,r)}] \quad (4)$$

Na equação, $XMARG(i,s,q,r)$ é a margem r sobre o fluxo do bem i produzido em s e consumido em q ; $AMARG(i,s,q,r)$ é a variável tecnológica no uso

de margens relacionada a cada bem e par de origem e destino; $\eta(i,s,q,r)$ é o coeficiente de margem relacionada a cada bem e par de origem e destino; $X(i,s,q)$ é o fluxo do bem i produzido em s e consumido em q ; e $\theta(i,s,q,r)$ é o parâmetro refletindo economias de escala nos transportes.

Linearizando a equação 4, igualando o parâmetro θ^5 a 1 e derivando obtém-se:

$$xm \arg(i, s, q, r) = x(i, s, q) + am \arg(i, s, q, r) \quad (5)$$

A equação 5 indica que a variação percentual da demanda por margens corresponde à soma entre a variação percentual da quantidade transportada e a variação percentual na tecnologia de transportes (uso de margens por unidade de produto). As reduções no custo de transporte, mensuradas pelo módulo VOC do HDM-4, são compreendidas nesse contexto como choques exógenos, representados pelas reduções nas margens de transporte, desencadeando alterações nas demais equações do modelo, a partir da equação 5 descrita.

3 RESULTADOS DE SIMULAÇÕES DO PELT-MINAS: BR-381, BR-262 E BR-116

As informações sobre o projeto de recuperação da BR-262 entre Betim e Uberaba são resumidas na tabela 2.

TABELA 2
Informações sobre o projeto de recuperação da BR-262 entre Betim e Uberaba

Características	Custo total estimado ¹ (R\$ milhões)	Extensão (km)
Duplicação do trecho entre Betim e Nova Serrana	399,2	88,7
Construção de terceira faixa entre Nova Serrana e Araxá	155,0	248,0
Concessão do trecho entre Araxá e Uberaba	-	116,6
Total	554,2	453,3

Fonte: Minas Gerais (2006).

Nota: ¹ Valores correntes para 2007.

A tabela 3⁶ apresenta as rotas de tráfego que sofreriam os maiores impactos a partir do projeto de melhoria da BR-262 entre Uberaba e Betim. Pode-se perceber, por meio desta tabela, que algumas das ligações entre as ZTs da região do

5. No caso do modelo B-MARIA-MG, ao se considerar θ igual a 1, assume-se que não ocorrem ganhos de escala no setor de transportes. Para mais informações a respeito desta abordagem, ver Haddad (2004).

6. Na apresentação dos resultados das variações percentuais nos custos de transporte, considerou-se somente um dos pares com origem e destino coincidentes. Por exemplo, no tocante ao projeto da BR-262, embora a maior redução de custos tenha sido observada no par com origem em Betim e destino em Pará de Minas, e a segunda maior variação tenha sido observada no par com origem em Pará de Minas e destino em Betim, somente a maior variação (em termos absolutos) foi representada na tabela 3.

Triângulo Mineiro, Alto Paranaíba, Centro-Oeste de Minas e Central apresentaram reduções significativas em termos de custos/margens de transporte. Note-se que os impactos dos projetos em termos de reduções de custos sobre as possíveis combinações de pares de origem e destino são bastante diversos, conforme a reorientação dos fluxos de tráfego. No caso da simulação em questão, 1.599 *links* apresentaram reduções nos custos de transporte acima de 1%, enquanto 1.033 *links* apresentaram aumentos de custos acima de 0,01%. Os demais *links* apresentaram alterações de custos com valores situados entre -1% e 0,01%.

TABELA 3
Alterações nos custos de transporte em pares de origem e destino selecionados – recuperação da BR-262 entre Betim e Uberaba

Origem	Destino	Variação ¹ (%)
Betim	Pará de Minas	-9,65
Bom Despacho	Betim	-8,88
Uberaba	Betim	-8,25
Bom Despacho	Belo Horizonte	-8,21
Pará de Minas	Belo Horizonte	-8,14

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

Nota: ¹ Resultados obtidos de acordo com o módulo VOC do HDM-4.

As informações sobre o projeto de duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares são resumidos na tabela 4.

TABELA 4
Informações do projeto de duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares

Características	Custo total estimado (R\$ milhões)	Extensão (km)
Duplicação do trecho entre Belo Horizonte e Governador Valadares	1.395,0	310,0

Fonte: Minas Gerais (2006).

A tabela 5 apresenta os resultados das simulações em termos de alterações nos custos de transporte a partir do projeto de duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares. Por meio desta tabela pode-se perceber que algumas das ligações entre as ZTs da região do Vale do Rio Doce, Central e Jequitinhonha/Mucuri apresentaram reduções significativas nas margens de transporte. No caso do projeto de duplicação da BR-381, entre Belo Horizonte e Governador Valadares, 1.947 *links* apresentaram reduções nos custos de transporte acima de 1%, enquanto 748 *links* apresentaram aumentos de custos acima de 0,01% e os demais *links* apresentaram alterações de custos com valores situados entre -1% e 0,01%.

TABELA 5
Alterações nos custos de transporte em pares de origem e destino selecionados – projeto rodoviário de duplicação da BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares

Origem	Destino	Variação (%)
João Monlevade	Ipatinga	-12,15
Ipatinga	Itabira	-10,89
Governador Valadares	Vespasiano	-10,38
Betim	Ipatinga	-9,63
João Monlevade	Betim	-9,25

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

As informações sobre o projeto de recuperação da BR-116 entre a divisa de Minas Gerais com a Bahia e Governador Valadares (projeto BR-116-N) são resumidos na tabela 6.

TABELA 6
Informações do projeto de recuperação da BR-116 entre a divisa com a Bahia e Governador Valadares

Características	Custo total estimado (R\$ milhões)	Extensão (km)
Recuperação do trecho entre a divisa de Minas Gerais com a Bahia e Governador Valadares	153,4	409,1

Fonte: Minas Gerais (2006).

A tabela 7 apresenta os resultados das simulações em termos de alterações nos custos de transporte a partir do projeto de melhoria da BR-116-N. Por meio desta tabela, pode-se perceber que algumas das ligações entre as ZTs da região do Vale do Rio Doce e Jequitinhonha/Mucuri apresentaram reduções significativas nas margens de transporte. No caso do projeto BR-116-N, 683 *links* apresentaram reduções nos custos de transporte acima de 1%, enquanto 335 *links* apresentaram aumentos de custos acima de 0,01%. Os demais 10.863 *links* apresentaram alterações de custos com valores situados entre -1% e 0,01%.

TABELA 7
Alterações nos custos de transporte em pares de origem e destino selecionados – projeto de recuperação da BR-116 entre a divisa com a Bahia e Governador Valadares

Origem	Destino	Variação (%)
Teófilo Otoni	Governador Valadares	-6,35
Pedra Azul	Governador Valadares	-5,66
Teófilo Otoni	Pedra Azul	-4,83
Araçuaí	Governador Valadares	-4,68
Pedra Azul	Ipatinga	-4,39

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

As informações sobre o projeto de recuperação da BR-116 entre Governador Valadares e a divisa de Minas Gerais com o Rio de Janeiro (projeto BR-116-S) são resumidos na tabela 8.

TABELA 8
Informações do projeto de recuperação da BR-116 entre Governador Valadares e a divisa de Minas Gerais com o Rio de Janeiro

Características	Custo total estimado (R\$ milhões)	Extensão (km)
Recuperação do trecho entre Governador Valadares e a divisa de Minas Gerais com o Rio de Janeiro	152,9	407,6

Fonte: Minas Gerais (2006).

A tabela 9 apresenta os resultados das simulações em termos de alterações nos custos de transporte a partir do projeto de melhoria da BR-116-S. Pode-se perceber que algumas das ligações entre as ZTs da região do Vale do Rio Doce, Zona da Mata e ZTs do estado do Rio de Janeiro apresentaram reduções significativas nas margens de transporte.

TABELA 9
Alterações nos custos de transporte em pares de origem e destino selecionados – projeto de recuperação da BR-116 entre Governador Valadares e a divisa com o Rio de Janeiro

Origem	Destino	Variação (%)
Muriaé	Governador Valadares	-6,02
Governador Valadares	Caratinga	-5,86
Caratinga	Muriaé	-5,60
Manhuaçu	Governador Valadares	-5,07
Governador Valadares	Rio de Janeiro	-4,97

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

No caso do projeto de recuperação da BR-116-S, 436 *links* apresentaram reduções nos custos de transporte acima de 1%, enquanto 384 *links* apresentaram aumentos de custos acima de 0,01%, e os demais *links* apresentaram alterações de custos com valores situados entre -1% e 0,01%.

A apresentação dos resultados em termos de reduções de custos de transporte observada nesta seção indicam que os projetos da BR-381 e da BR-262 apresentam maiores alterações em termos de variações nas margens de transporte comparativamente aos dois trechos analisados da BR-116, sendo que ainda estão relacionados aos maiores fluxos de comércio inter-regional.

TABELA 10

Variações do produto interno bruto (PIB) real em Minas Gerais, Brasil e ZTs selecionadas (Em %)

Indicador	Projeto BR-262	Projeto BR-381	Projeto BR-116-N	Projeto BR-116-S
Varição do PIB real na ZT de Belo Horizonte	0,0239	0,0004	-0,0021	0,0008
Varição do PIB real em Minas Gerais	0,0155	0,0069	0,0007	0,0026
Varição do PIB real na ZT do Rio de Janeiro	0,0007	-0,0087	-0,0037	0,0044
Varição do PIB real na ZT de São Paulo	-0,0048	-0,0206	-0,0190	-0,0059
Varição do PIB real no Brasil	0,0009	-0,0035	-0,0029	0,0001

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

O mecanismo causal do modelo B-MARIA-MG implica que reduções nas margens de transporte irão também reduzir a produção do setor de transportes, liberando recursos para outros setores da economia. O aumento da oferta de fatores primários gera efeitos sobre os preços de maneira diferenciada em nível regional. Os preços em determinada região poderão aumentar ou diminuir, dada a extensão dos efeitos substituição (direto e indireto) e renda.

Em uma região em que os efeitos da melhoria de infraestrutura implicassem queda nos preços, as firmas tornar-se-iam mais produtivas à medida que os custos de produção declinassem. Paralelamente, os investidores obteriam maiores ganhos à proporção que o custo de produção do capital também fosse reduzido, ao mesmo tempo em que as famílias também obteriam ganhos em termos de aumento da renda real. Em um segundo momento, a expansão da demanda por produtos e fatores de produção poderia gerar pressões altistas nos preços, contrabalançando os ganhos iniciais. Como resultado de todos estes efeitos combinados, melhorias no sistema de transporte podem resultar em quedas na produção e ou perdas de bem-estar. Os resultados apresentados neste artigo referem-se à simulação com o fechamento de longo prazo⁷ do modelo B-MARIA-MG.

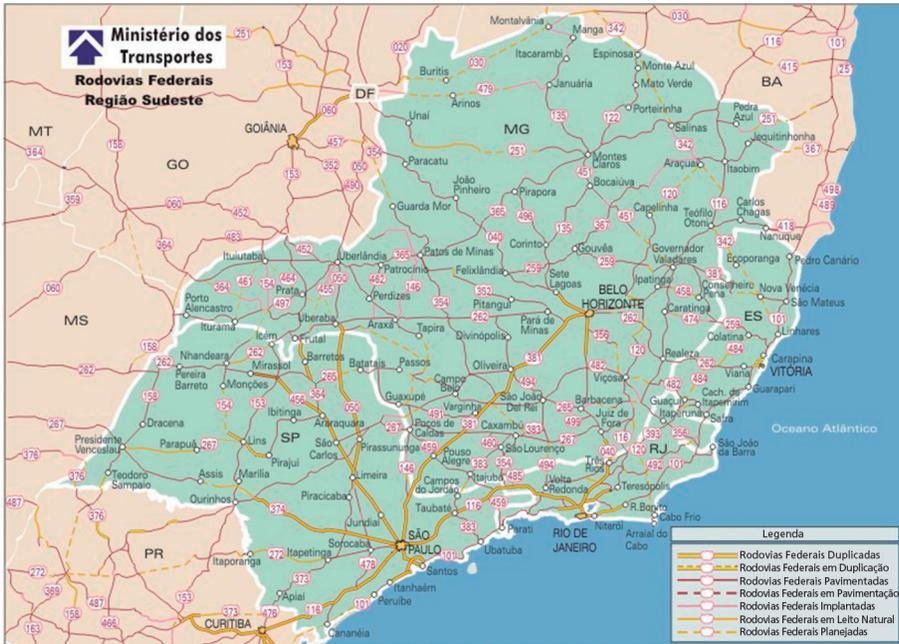
Com relação à tabela 10, é interessante destacar que os quatro projetos em questão implicaram perdas para a ZT de São Paulo e ganhos para Minas Gerais como um todo. As perdas da ZT de São Paulo teriam assim influenciado negativamente os resultados em nível nacional.

A ZT de Belo Horizonte foi significativamente afetada pelo projeto BR-262 e, em menor grau, pelos projetos BR-116-S e BR-381, tendo ainda apresentado uma variação negativa no PIB real com relação ao projeto BR-116-N. No tocante

7. No modelo de EGC o número de variáveis é maior que o número de equações, de modo que algumas variáveis devem ser fixadas exogenamente. Este processo é conhecido como "fechamento" do modelo. Com relação ao "fechamento" de longo prazo, considera-se a mobilidade do capital tanto entre indústrias como entre regiões. Dessa forma, capital e trabalho são deslocados para áreas e indústrias em que a produção se torna mais lucrativa, como consequência da melhoria na oferta de infraestrutura.

ao Brasil e à ZT do Rio de Janeiro, observaram-se ganhos somente com relação aos projetos BR-262 e BR-116-S. Dessa maneira, em geral, as regiões mais beneficiadas em termos de aumento do PIB real foram aquelas situadas próximas às melhorias, conforme as figuras 4, 5, 6 e 7 demonstram ao destacar os resultados do modelo sobre as ZTs de Minas Gerais.

FIGURA 3
Rede rodoviária em Minas Gerais



Fonte: Ministério dos Transportes.

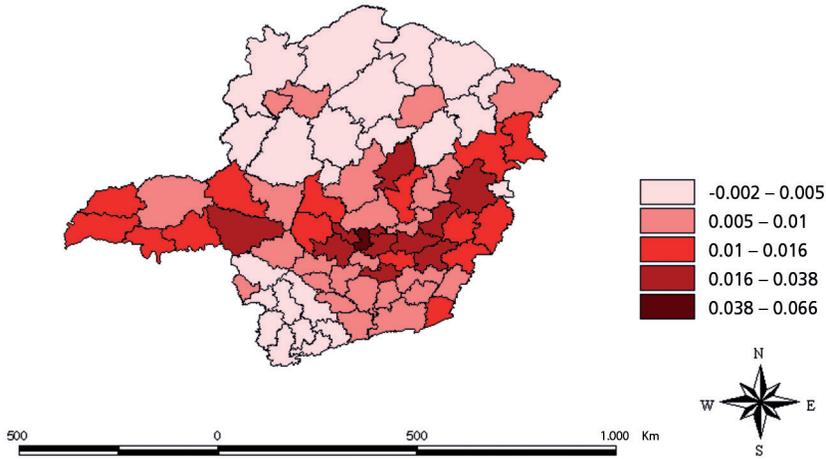
Obs.: imagem reproduzida em baixa resolução em virtude das condições técnicas dos originais disponibilizados pelo autor para publicação (nota do Editorial).

A figura 4 indica que, considerando-se o projeto BR-262, o maior efeito observado em termos de variação do PIB real nas ZTs de Minas Gerais ocorreu em Betim. Note-se ainda que os efeitos da melhoria da BR-262 no trecho considerado influenciariam diretamente ZTs adjacentes ao projeto, tais como Araxá, Divinópolis, Pará de Minas e as ZTs de Belo Horizonte, Vespasiano e Conselheiro Lafaiete, próximas à região metropolitana. Estes efeitos tendem ainda a se espalhar pelo eixo da BR-262 em direção ao Espírito Santo, influenciando as ZTs de João Monlevade e Ponte Nova e alcançando Ipatinga e Governador Valadares, a partir da confluência entre a BR-262 e a BR-381. A única exceção entre as maiores variações em termos de padrão de localização espacial diz respeito à ZT de Diamantina, enquanto as ZTs de Uberaba e Uberlândia não apresentaram ganhos significativos.

FIGURA 4

Variações no PIB real nas ZTs de Minas Gerais – projeto BR-262

(Em %)

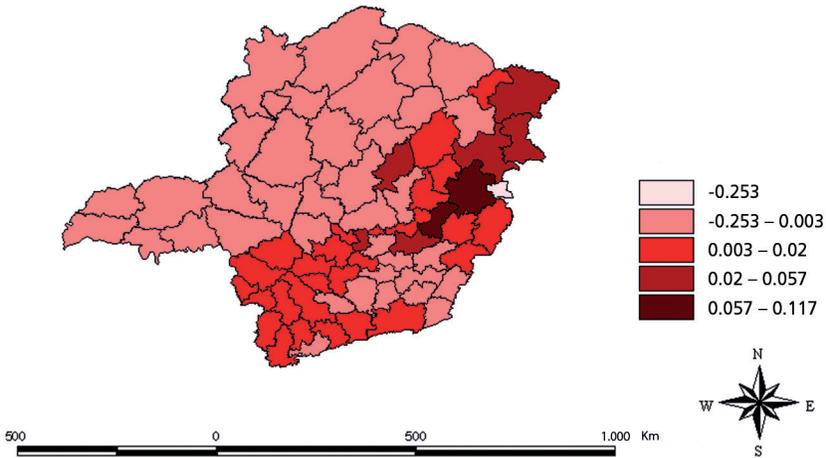


Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

FIGURA 5

Variações no PIB real nas ZTs de Minas Gerais – projeto BR-381

(Em %)



Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

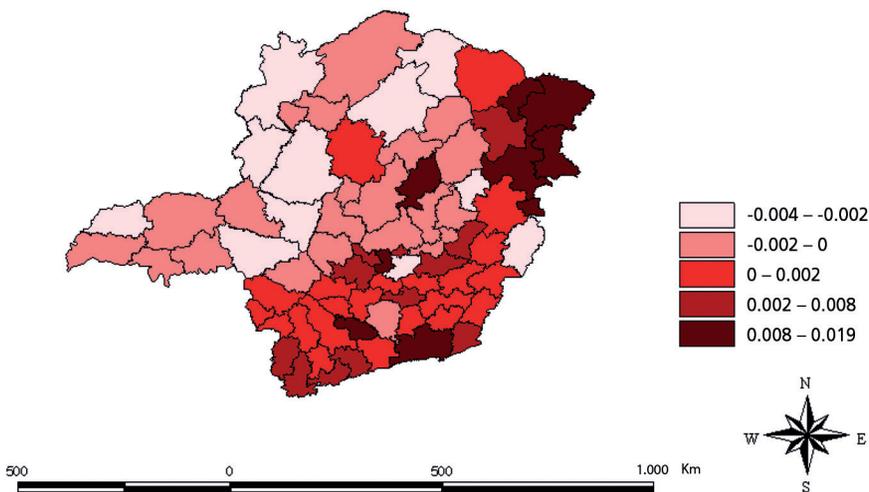
Considerando-se o projeto BR-381, conforme a figura 5 destaca, pode-se observar que os maiores ganhos em termos de variação do PIB real também ocorrem nas ZTs mais diretamente influenciadas por este projeto – Ipatinga

e Governador Valadares –, e em um menor grau em João Monlevade e Betim. Em um sentido contrário, a ZT de Mantena, adjacente ao projeto, apresentou perdas acentuadas. A ZT de Belo Horizonte, assim como a maior parte das ZTs de Minas Gerais, apresentou um desempenho modesto. Destacam-se os ganhos observados nas ZTs ao norte de Governador Valadares, Teófilo Otoni, Nanuque e Almenara, que também se utilizam da BR-381, enquanto rota principal até a ZT de Belo Horizonte. A exemplo do projeto BR-262, Diamantina configurou-se mais uma vez como uma exceção, ao apresentar ganhos de PIB real sem estar diretamente ligada ao projeto em questão.

A figura 6 destaca, por sua vez, as variações do PIB real nas ZTs de Minas Gerais decorrentes do projeto BR-116-N. Por meio desta figura pode-se perceber que, comparativamente aos demais projetos analisados, as regiões ganhadoras dispersaram-se por uma faixa mais ampla no estado. Ao lado das ZTs de Mantena, Teófilo Otoni, Nanuque, Almenara e Pedra Azul, diretamente influenciadas pelo projeto, destacam-se as ZTs de Diamantina, Betim, Lavras e Juiz de Fora, que se situam a uma maior distância do referido projeto. A figura 6 demonstra ainda uma ampla faixa de ZTs beneficiadas pelo projeto, direcionando-se, a exemplo dos projetos BR-262 e BR-381, do oeste para o leste do estado. Destacam-se neste contexto, ao lado da ZT de Betim, as ZTs de Divinópolis, Pará de Minas, Vespasiano, João Monlevade e Ipatinga. Belo Horizonte, por sua vez, apresentou resultado negativo em termos de variação do PIB real.

FIGURA 6

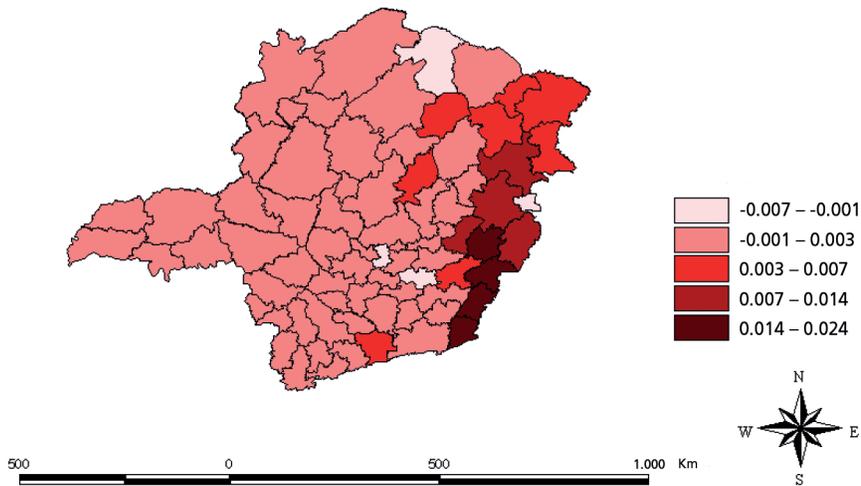
Variações no PIB real nas zonas de tráfego de Minas Gerais – projeto BR-116-N
(Em %)



Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

A figura 7 destaca as variações do PIB real nas ZTs de Minas Gerais decorrentes do projeto BR-116-S. Pode-se perceber, neste caso, um padrão bem definido em que os maiores ganhos concentram-se nas ZTs diretamente influenciadas pelo projeto: Cataguases, Muriaé, Manhuaçu e Caratinga. A ZT de Governador Valadares, também diretamente influenciada, e as ZTs de Ipatinga, Aimorés e Teófilo Otoni, adjacentes ao projeto, também apresentaram desempenho positivo. A exceção refere-se mais uma vez à ZT de Mantena, que, ao lado de Betim, apresentou resultado negativo. As ZTs do Jequitinhonha/Mucuri, embora em um grau menor, foram também significativamente afetadas pelo projeto. Dessa forma, os efeitos se concentraram principalmente ao longo do eixo da BR-116 sem gerar efeitos significativos sobre o restante do estado.

FIGURA 7
Variações no PIB real nas zonas de tráfego de Minas Gerais – projeto BR-116-S
 (Em %)



A tabela 11 apresenta, por sua vez, resultados para Minas Gerais e para o Brasil referentes ao emprego (variação percentual no emprego), bem-estar (variação equivalente), nível de preços (deflator do PIB) e arrecadação de impostos (variação percentual na arrecadação real de impostos indiretos em Minas Gerais). Com relação ao emprego, pode-se observar que somente os projetos BR-262 e BR-116-S exerceriam impactos positivos sobre o emprego em Minas Gerais, enquanto os quatro projetos considerados tenderiam a reduzir o emprego, considerando-se o Brasil como um todo. Assim como no tocante à geração de empregos, os projetos BR-262 e BR-116-S exerceriam efeito positivo sobre o nível de bem-estar, enquanto os projetos BR-381 e BR-116-N tenderiam a reduzir o bem-estar em Minas Gerais. Paralelamente, os quatro projetos considerados

tenderiam a aumentar o nível de bem-estar no Brasil – considerando-se como indicador de bem-estar a variação equivalente –, embora os projetos BR-262 e BR-116-S tendessem a exercer impactos mais significativos.

A tabela 11 indica, também, que os quatro projetos em questão tenderiam a reduzir o nível de preços em Minas Gerais, sendo este efeito mais forte, tanto em âmbito estadual quanto nacional, no tocante, respectivamente, aos projetos BR-262 e BR-116-S. Com relação ainda ao Brasil, apenas o projeto BR-381 não se mostrou efetivo em termos de redução de preços. Por meio da tabela 11, pode-se perceber ainda que, com relação à arrecadação de impostos indiretos, os efeitos dos projetos obedecem à mesma ordem de classificação observada no tocante à variação do PIB real em Minas Gerais ou, respectivamente, projeto BR-262, projeto BR-381, projeto BR-116-S e projeto BR-116-N. A tabela 11 destaca ainda o fato de que, embora de maneira pouco acentuada, o projeto BR-116-N implicaria perda de arrecadação para o estado. A análise conjunta das tabelas 10 e 11 permite observar que o projeto BR-262 apresentou os melhores resultados entre os quatro projetos analisados.⁸

TABELA 11
Indicadores de emprego, bem-estar e nível de preços para os quatro projetos rodoviários

Indicadores	Projeto BR-262	Projeto BR-381	Projeto BR-116-N	Projeto BR-116-S
Variação no emprego em Minas Gerais (%)	0,0068	-0,0007	-0,0019	0,0012
Variação no emprego no Brasil (%)	-0,0002	-0,0037	-0,0032	-0,0005
Variação equivalente em Minas Gerais ¹	30,0537	-7,5071	-11,4004	5,4875
Variação equivalente no Brasil	58,5976	6,4019	10,4350	31,6060
Deflator do PIB em Minas Gerais (%)	-0,0227	-0,0063	-0,0079	-0,0156
Deflator do PIB no Brasil (%)	-0,0160	0,0029	-0,0037	-0,0146
Variação na arrecadação real de impostos indiretos em Minas Gerais (%)	0,0138	0,0042	-0,0005	0,0026

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

Nota: ¹ Para se compreender o conceito de variação equivalente, mensurado aqui em termos de R\$ milhões de 2002, pode-se consultar, por exemplo, Haddad (2004).

Note-se que, conforme a tabela 12, os quatro projetos em questão tenderiam a diminuir a participação do norte de Minas no PIB estadual e, por sua vez, com exceção do projeto de melhoria da BR-262, tenderiam a aumentar a participação no PIB estadual da região do Jequitinhonha/Mucuri. Dessa maneira, ao se considerar o projeto BR-262, pode-se perceber que ele irá, por um lado, proporcionar maior ganho para o estado em termos de variação do PIB real e, por outro lado, implicar maior aumento da concentração de renda em âmbito regional.

8. Torres (2009) apresenta outros indicadores baseados no modelo de EGC que fornecem evidências sobre os efeitos específicos nos diversos indicadores econômicos dos quatro projetos em questão.

TABELA 12

Participação das regiões Norte e Jequitinhonha/Mucuri no PIB estadual no ano-base e após os choques contrafactuais (Em %)

Região	Participação no PIB estadual no ano-base	Participação no PIB estadual – projeto BR-262	Participação no PIB estadual – projeto BR-381	Participação no PIB estadual – projeto BR-116-N	Participação no PIB estadual – projeto BR-116-S
Norte de Minas	4,05	3,99	3,99	4,04	4,04
Jequitinhonha/Mucuri	2,62	2,61	2,69	2,65	2,63
Norte + Jequitinhonha/Mucuri	6,67	6,59	6,67	6,69	6,68

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG.

Em outro sentido, o projeto BR-116-N irá implicar maior desconcentração de renda e menor variação do PIB real. Nesse sentido, faz-se presente o *trade-off* entre eficiência e equidade. É ainda interessante observar, conforme a tabela 12, que o projeto BR-381 implica, por um lado, maior aumento da participação da região do Jequitinhonha/Mucuri e, por outro, maior perda de participação (ao lado do projeto BR-262) do norte de Minas.

4 INCORPORANDO O CUSTO DOS ACIDENTES NAS RODOVIAS BR-381, BR-262 E BR-116

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 para Minas Gerais. Nesse sentido, dados do Ipea (2006) indicam que em média cerca de 1,8 milhão de pessoas são diretamente envolvidas em acidentes nas rodovias no Brasil a cada ano. Aproximadamente 16% dos acidentes registrados em 2005 nas rodovias federais ocorreram em Minas Gerais, sendo este estado o que apresentou o maior número de acidentes em rodovias federais no período 2001-2005 (ANTT, 2006).

TABELA 13

Acidentes de trânsito nos trechos rodoviários considerados e em rodovias federais em Minas Gerais em 2005

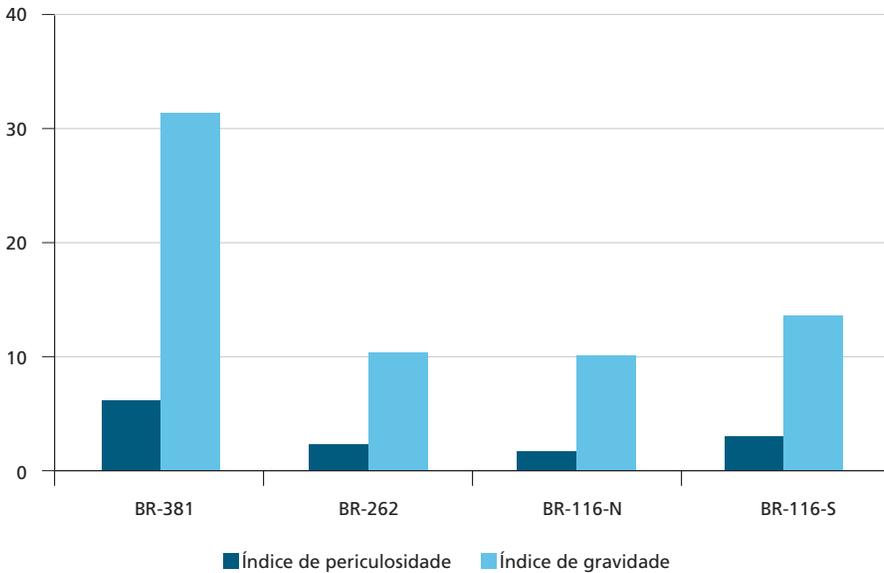
Indicadores	Valor absoluto	Acidentes ocorridos na malha rodoviária federal de Minas Gerais em 2005 (%)
Acidentes na BR-262	1.032	5,87
Acidentes na BR-381	1.923	10,93
Acidentes na BR-116-S	765	4,35
Acidentes na BR-116-N	1.173	6,67
Total de acidentes nos quatro trechos considerados	4.893	27,82
Acidentes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

Fonte: ANTT (2006) e DNIT.

Dessa maneira, conforme a tabela 13 ilustra, nos quatro trechos apresentados 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).

O gráfico 1 reforça a maior periculosidade – número de acidentes por extensão da rodovia – e gravidade – número de mortes vezes treze mais número de feridos vezes cinco por extensão da rodovia – dos acidentes ocorridos na BR-381 entre Belo Horizonte e Governador Valadares.

GRÁFICO 1
Índices de periculosidade e gravidade



Fonte: DNIT.

Note-se, conforme a tabela 14, 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, neste contexto, um aumento de 58,45% e 64,92%, respectivamente, 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 14
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	1.032	1.923	765	1.173
Acidentes sem vítimas em 2006	589	1.266	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	1.046	2.134	808	1.347
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 ¹	1.213	2.509	915	1.600
Acidentes sem vítimas em 2007	716	1.607	535	825
Acidentes com feridos em 2008	539	1.003	408	785
Acidentes com fatalidade em 2008	79	105	64	81
Total de acidentes em 2008	1.334	2715	1.007	1.691
Variação de acidentes sem vítimas 2008-2005 (%)	16,23	34,70	31,13	29,51
Variação de acidentes com feridos 2008-2005 (%)	50,14	58,45	36,45	64,92
Variação de acidentes com fatalidade 2008-2005 (%)	38,60	8,25	10,34	35,00
Variação de total de acidentes 2008-2005 (%)	29,26	41,19	31,63	44,60

Fonte: DNIT (2009).

Nota: ¹ Em 2007 não foi informada a gravidade de três acidentes na BR-262 e na BR-116-S e um acidente na BR-381.

Dessa maneira, devido ao grande número de acidentes de trânsito nas rodovias analisadas e dado o alto custo destes – 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\$ 16.840,00 para o custo médio do acidente sem vítima, R\$ 86.032,00 para o custo médio do acidente com vítima e R\$ 418.341,00 para o custo médio do acidente com fatalidade em reais de 2005, segundo a metodologia desenvolvida pelo Ipea (2006). Tal metodologia compreendeu de maneira “ampla” a incorporação dos custos aqui citados.

- 1) 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.

- 2) 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.
- 3) Custos associados à via/ambiente – compreendendo o somatório dos custos associados aos danos às propriedades públicas e privadas.
- 4) 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. 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 tabela 15 apresenta os valores e cálculos em que 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.

TABELA 15
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)
Média de acidentes sem vítimas 2005-2008	644,5	1.383,75	459,75	737
Média de acidentes com feridos 2005-2008	443,75	838,5	351	646,75
Média de acidentes com fatalidade 2005-2008	67,25	97,75	63	68,25
Custo total dos acidentes de 2005 (R\$) ($d = a \times R\$ 16.840 + b \times R\$ 86.032 + c \times R\$ 418.431$)	77.169.565	136.341.812	64.300.575	96.610.192
Custo total dos acidentes (R\$ 2002) ¹	59.052.315	104.332.577	49.204.603	73.928.827

Fonte: DNIT (2009).

Nota: ¹ Deflacionado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), cujo valor acumulado entre 2002 e 2005 correspondeu a 30,68%.

A tabela 16 relaciona, por sua vez, os benefícios e custos decorrentes dos quatro projetos em questão. Os benefícios foram calculados inicialmente com base na taxa de crescimento do PIB real de Minas Gerais, estimada pelo modelo de EGC, para cada um dos quatro projetos (apresentada na tabela 10) multiplicada pelo PIB de Minas Gerais no ano-base (R\$ 66.467.550.000,00 a preços de 2002). Considerou-se, assim, o valor presente líquido (VPL) de um fluxo constante de variações do PIB real entre 2002 e 2022 descontadas à taxa de 5% ao ano. Os valores informados nas tabelas 2, 4, 6 e 8 sobre os custos de construção totais dos projetos para 2007, deflacionados pelo Índice Nacional de Custo da Construção (INCC), da Fundação Getulio Vargas (FGV), para 2002, foram compreendidos como custos.

A análise da tabela 16 permite observar que, considerando-se os custos dos acidentes, todos os quatro projetos em questão apresentam uma relação custo-benefício bastante desfavorável. Notadamente o projeto BR-381, dado o alto custo da obra, e o projeto BR-116-N, dado o baixo retorno do projeto. Por sua vez, calculando-se 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.

Em virtude da dificuldade de se estimarem as reduções de custos de acidentes ocasionadas por melhorias nas vias optou-se por utilizar uma abordagem diferente. A relação custo-benefício foi fixada em 1 (um), 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 necessária em termos de custos de acidentes para que o projeto BR-381 se tornasse viável economicamente. Dado esta alta porcentagem, é pouco provável que este projeto se torne viável economicamente de acordo com os parâmetros considerados.

TABELA 16
Indicadores de custo-benefício

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

Fonte: banco de dados do modelo B-MARIA-MG; Minas Gerais (2006).

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Deflacionado pelo INCC-FGV, cujo valor acumulado entre 2002 e 2007 correspondeu a 57,61%.

Note-se ainda que, conforme ressaltado em Ipea (2006), os valores informados acerca do custo médio dos acidentes subdimensionam o custo real destes, 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 das vezes, superam os demais (Ipea, 2006, p. 29).

Nesse contexto, a análise de custo-benefício deve ser observada com bastante cautela.

Por seu turno, ao considerarmos a BR-381, em que o projeto prevê a duplicação da via, devemos esperar uma redução significativa das colisões frontais, conforme indica a tabela 17. 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 nesta categoria. Esta disparidade é reflexo do fato de que 15,93% dos acidentes em que ocorreram colisão frontal resultaram em mortes, porcentagem 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.

Uma estratégia a ser estudada no intuito de otimizar os investimentos diz respeito a concentrar esforços no policiamento e na melhoria 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. Considerando-se 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, pode-se perceber que existem sete pontos em comum entre as duas seleções: km 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 e, por sua vez, um aumento dos benefícios esperados. Destacam-se neste contexto como “candidatos” a pontos críticos⁹ as travessias urbanas (ou travessias de zonas em curso de urbanização), interseções em nível, trechos sinuosos, descidas com forte declive e pontes estreitas (Por Vias Seguras, 2006).

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

TABELA 17
Informações sobre os tipos de acidentes ocorridos na BR-381 em 2008
 (Em %)

Tipo de acidente	Total de acidentes	Total de acidentes com mortes	Acidentes com mortes	Custo total dos acidentes no trecho entre Belo Horizonte e 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

Fonte: DNIT (2009).

No intuito de se compreender mais profundamente a relação entre melhorias na infraestrutura rodoviária e acidentes, foram registrados os acidentes em um trecho de aproximadamente 90 km da BR-262, entre os municípios de Betim e Nova Serrana, conforme a tabela 18. Entre 2009 e 2011 o referido trecho foi duplicado em uma ação do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Em que pese um possível aumento no fluxo de veículos, a tabela 18 aponta que, embora o número de acidentes com feridos tenha se mostrado inalterado e o número de acidentes com mortes tenha sofrido apenas um pequeno acréscimo, em decorrência do aumento no número de acidentes sem vítimas, o total de acidentes no trecho considerado aumentou significativamente após a duplicação da via. No entanto, o ponto que mais chama atenção diz respeito à alteração na composição dos acidentes. Por um lado, os acidentes registrados como abalroamento em sentido oposto, abalroamento transversal e colisão frontal reduziram-se de um total de 105 acidentes em 2008 para 31 após a duplicação da via. Por outro lado, os acidentes registrados como abalroamento no mesmo sentido, capotagem, choque com objeto fixo e queda de veículos aumentaram de um total de 38 acidentes em 2008 para 206 em 2011.

TABELA 18
Informações sobre a composição dos acidentes em 2008 e 2011 em um trecho duplicado da BR-262

Tipo de acidente	Total de acidentes com feridos em 2008	Total de acidentes com feridos em 2011	Total de acidentes com morte em 2008	Total de acidentes com morte em 2011	Total de acidentes sem vítimas em 2008	Total de acidentes sem vítimas em 2011	Total de acidentes em 2008	Total de acidentes em 2011 ¹
Abalroamento em Sentido oposto	7	1	0	0	7	0	14	1
Abalroamento no mesmo sentido	2	12	1	0	6	37	9	49
Abalroamento transversal	30	9	4	3	24	11	58	23
Atropelamento ²	16	8	1	8	0	0	17	16
Atropelamento de animal	2	5	0	0	5	12	7	17
Capotagem	7	30	1	3	1	23	9	58
Choque com objeto fixo ³	5	28	1	3	11	46	17	78
Colisão frontal	18	4	11	2	4	1	33	7
Colisão traseira	20	28	1	2	75	70	96	100
Outros tipos	30	1	3	0	65	18	98	19
Queda de veículo	3	18	0	1	0	2	3	21
Saída de pista	59	42	4	8	55	73	118	125
Tombamento	6	19	0	0	14	13	20	33
Total	205	205	27	30	267	306	409	547

Fonte: DNIT (2012).

Notas: ¹ Foram computados no total seis acidentes cuja gravidade não foi informada: duas capotagens, um choque com objeto fixo, duas saídas de pista e um tombamento.

² Foram computados três acidentes registrados na categoria atropelamento e fuga.

³ Computou-se um acidente registrado na categoria choque com veículo estacionado.

Essa estatística, em especial o aumento no número de capotagens, remete a uma questão crucial: melhorias nas vias podem aumentar a sensação de segurança dos motoristas, tornando-os menos cautelosos e ocasionando um aumento na velocidade média dos usuários, de modo que o número de acidentes tende a aumentar, e não diminuir como esperado.¹⁰ Deve-se ressaltar, assim, 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 oito principais fatores causadores de

10. Shikida, Araújo e Castro (2008) fornecem evidências empíricas sobre este comportamento em rodovias de Minas Gerais.

acidentes no Brasil apontados por Meneses (2001), apenas um está diretamente relacionado à oferta de infraestrutura, ou:

- falta de consciência da sociedade brasileira para conviver com um trânsito seguro e cordial;
- velocidades incompatíveis com as características das vias;
- ingestão de álcool pelo condutor;
- ultrapassagens incorretas;
- desatenção ou imprudência do pedestre;
- mau estado de conservação dos veículos e seus equipamentos; e
- rodovias deterioradas (Meneses, 2001, p. 20).

Nesse contexto, a melhoria na oferta de infraestrutura viária teria um efeito limitado na redução dos acidentes, sendo necessário um aumento da fiscalização, aliado a uma legislação mais rigorosa para punir crimes de trânsito, além do reforço de ações educativas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A determinação de 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. Deste modo, 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 georreferenciado, servindo como insumo a um modelo de EGC.

Por sua vez, o estado de Minas Gerais ainda não possui um sistema de informações geográficas ou servidores treinados para levantar de maneira continuada os custos de transporte de acordo com o modelo HDM-4. Dessa maneira, não há um mecanismo instituído para que os dados da rede viária sejam atualizados constantemente, impossibilitando o levantamento sistemático de prioridades por meio da reavaliação dos custos de transporte entre os distintos pares de origem e destino. A utilização do modelo de EGC, enquanto ferramenta de decisão, também se encontra em “compasso de espera”.

Do ponto de vista dos resultados estimados pelo modelo B-MARIA-MG para os quatro projetos analisados, considerou-se que a competição inter-regional, desencadeada pela melhoria da oferta de infraestrutura de transporte

rodoviário em Minas Gerais, proporcionaria benefícios principalmente às regiões mais diretamente afetadas pelos investimentos e, em alguns casos, geraria efeitos negativos para outras regiões. Nesse contexto, os efeitos sobre as regiões menos desenvolvidas do estado tenderiam a ser pouco expressivos – no caso do Jequitinhonha/Mucuri – ou mesmo negativos – no caso do Norte de Minas. Com exceção do projeto BR-262, os efeitos decorrentes de possíveis reduções no custo dos acidentes de trânsito mostraram-se mais significativos que aqueles simulados pelo modelo de EGC, sugerindo a necessidade de se contemplar o problema dos acidentes de maneira integrada ao planejamento rodoviário, o que não foi levado a cabo pelo PELT-Minas.

Do exposto neste artigo, pode-se 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, uma vez que um projeto de melhoria entre Belo Horizonte e Governador Valadares, orçado em R\$ 5 bilhões, deverá ser concluído apenas em 2014 (Jornal Estado de Minas, 15 de setembro de 2009), esforços imediatos devem ser empreendidos. Como o custo de tal projeto superaria amplamente aquele estimado pelo modelo HDM-4, a sua viabilidade estaria ainda mais comprometida.

Deste modo, conforme mencionado na seção 4, 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. Além da BR-381, outros pontos críticos em termos de acidente devem ser levantados no estado de Minas Gerais. Parcerias entre a União, o estado e os 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 também a redução no número e na gravidade dos acidentes.

Especificamente com relação ao levantamento de dados, embora o Departamento nacional de Infraestrutura Terrestre (DNIT) já disponibilize informações relevantes, tais como data, horário, localização, tipo de 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 sua vez, 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. As informações sobre os acidentes nas rodovias estaduais ainda são registradas em um sistema considerado pelos usuários pouco confiável, tendo em vista que existe uma sobreposição de competência entre os diversos órgãos que levantam os dados e processam as informações (Polícia Militar Rodoviária, Polícia Civil e

Departamento de Estrada de Rodagem – DER). Dessa forma, além de muitos acidentes não serem registrados, informações importantes que poderiam auxiliar na prevenção e/ou no levantamento dos pontos críticos acabam se perdendo.

A informação disponível sobre o volume de tráfego é também bastante escassa, o que dificulta o planejamento de ações prioritárias. Dessa forma, algumas questões básicas podem ser levantadas: por exemplo, quais os critérios para a alocação de balanças de pesagem, para a criação de postos de fiscalização da polícia e de pontos de controle de velocidade.

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 responsáveis por acidentes, além da análise de pontos críticos, outras medidas que visem à 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.

Destaca-se, ainda, a necessidade de elaboração de estudos em que a intermodalidade possa ser utilizada, potencializando reduções de custos na matriz de transporte estadual. É ainda de vital importância a necessidade de se compreender as demandas de setores específicos, notadamente mineração, carvão vegetal e siderurgia, dada não só a complementariedade destes setores, mas também a sua grande participação no PIB mineiro.

REFERÊNCIAS

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...** Porto Seguro: ANPEC, 2003. 1 CD-ROM.

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

ARAÚJO, M. P. **Infraestrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, 2006.

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

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA TERRESTRE. **Dados estatísticos de acidentes de trânsito**. Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/estat_acid>. Acesso em: 1º set. 2009.

_____. **Dados estatísticos de acidentes de trânsito**. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/estatisticas-de-acidentes/acidentesporquilometro-anode2008.pdf>>. Acesso em: 1º ago. 2012.

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

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.

_____. **Retornos crescentes, custos de transporte e crescimento regional**. 2004. Tese (Livre-docência) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

_____. **Regional inequality and structural changes: lessons from the Brazilian experience**. Aldershot: Ashgate, 1999.

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. *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.

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

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

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas. **Plano Estratégico de Logística de Transportes de Minas Gerais (PELT-Minas)**. Belo Horizonte, 2006.

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

PEROBELLI, F. S. **Análise espacial das interações econômicas entre os estados brasileiros**. 2004. 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, n. 85).

POR VIAS SEGURAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PREVENÇÃO DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO. **Pontos críticos**. 2006. Disponível em: <<http://www.vias-seguras.com/publicacoes>>. Acesso em: 2 mar. 2009.

SHIKIDA, C. D.; ARAÚJO, A. F. J.; CASTRO, G. Economics determinants of driver's behavior in Minas Gerais. **Economics Bulletin**, v. 8, n. 10 p. 1-7, 2008.

TORRES, C, E, G. **Transportes e desenvolvimento regional**: uma análise de equilíbrio geral computável sobre os impactos na melhoria da infraestrutura de transporte rodoviário em Minas Gerais. 2009. Tese (Doutorado em Economia) – Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

Originais submetidos em julho de 2012. Última versão recebida em setembro de 2012. Aprovado em setembro de 2012.