



## **Perspectivas da contribuição do transporte ferroviário à eficiência da distribuição de combustíveis (álcool, diesel e gasolina) em Minas Gerais**

### **(Prospects for contribution to the rail fuel efficiency distribution (alcohol, diesel and gasoline) in Minas Gerais)**

Bruno César de Melo Moreira

Economista pela Universidade Federal de Minas Gerais

Ricardo Silveira Martins

[martins@cepead.face.ufmg.br](mailto:martins@cepead.face.ufmg.br)

Professor Dr. do Departamento de Administração da Universidade Federal de Minas Gerais

Guilherme Jonas Costa da Silva

[guilhermejonas@yahoo.com.br](mailto:guilhermejonas@yahoo.com.br)

Professor do Instituto de Economia da Universidade Federal de Uberlândia Doutorando do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais

Editor Científico Responsável: Prof. Dr. Antônio Domingos Padula

Professor do Departamento de Escola de Administração a Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Recebido em: 15/02/07

Aprovado em: 18/09/08

#### **Resumo**

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a logística de distribuição de combustível (álcool, gasolina e diesel) no Estado de Minas Gerais. Os combustíveis, dadas suas características físicas e de economicidade no transporte, são cargas consideradas cativas do transporte ferroviário. Contudo há predomínio do transporte rodoviário reforçado pela baixa capilaridade da malha ferroviária. Foram estimados cenários de otimização e análise de sensibilidade desses resultados, sinalizando-se para valores extremamente significativos referentes à demanda reprimida no modal ferroviário, bem como seus impactos nos preços finais.

**Palavras-chave:** Gestão do transporte. Sistemas de transporte. Transporte de combustíveis. Transporte ferroviário.

#### **Abstract**

The general aim of this work was to analyze the logistics of distribution of fuel (alcohol, gasoline and diesel) in the State of Minas Gerais. The fuels, once considered their physical and economics transport characteristics, are typical load of the rail transport. However, there is prevalence of the road transport reinforced by the low capillarity of the rail system. They were consider optimization scenarios and analysis of sensibility of these results, being signaled for extremely significant values regarding demand repressed in the modal rail, as well as their impact on consumer prices.

**Key word:** Transport management. Transport system. Rail transport. Transport of fuel.



## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho objetivou avaliar a utilização do transporte ferroviário de combustíveis no Estado de Minas Gerais. Dadas as características gerais do modal ferroviário, sinaliza-se à adequação teórica do serviço ferroviário à logística do setor em ganhos de escala, ganhos de distância, e com isto, à redução no custo total do sistema.

Para Hesse e Rodrigue (2004), o transporte foi negligenciado na análise regional. Devido às novas formas de produção aliadas às novas formas de distribuição, a análise regional tem-se voltado para avaliação da logística, que leva em consideração não só as atividades relacionadas ao transporte, mas também as relacionadas à circulação de bens, aos estoques dos materiais de produção e à distribuição.

No caso de um produto que é utilizado por todos os setores da economia, como, por exemplo, os combustíveis, a importância dos custos logísticos é amplificada. Os combustíveis são insumos de toda a economia e, assim, possuem forte influência nos preços finais de uma grande variedade de bens. Dessa forma, desenhos da logística que resultem em redução nos preços poderiam provocar o efeito multiplicador e conduzir a uma queda nos preços de uma elevada gama de mercadorias.

Na verdade, este é um recorte espacial (Minas Gerais) e de carga (combustíveis) que constituem um estudo exploratório acerca do tema. A motivação envolve tanto a pequena extensão da malha ferroviária brasileira quanto a análise da escolha de modalidades de cargas para modais de transporte que sejam mais apropriados para a movimentação de cargas granelizadas a grandes distâncias.

Evidencia-se, porém, que a ferrovia não predomina na movimentação de combustíveis. Pelo contrário, a matriz brasileira de transporte é extremamente concentrada no modal rodoviário. Isso significa que, em muitos casos, o modal rodoviário passa a transportar cargas que não lhe são cativas, aumentando o custo de transporte e gerando ineficiência e estrangulamento no sistema.

Segundo Azeredo (2004), boa parte das atuais deficiências no sistema ferroviário brasileiro foi ocasionada pelo baixo nível de investimento realizado no setor, em que apenas 1.829 km de novas linhas foram construídos nos últimos 25 anos. A par dessa situação e impossibilitado de empreender investimentos necessários que permitissem a melhoria da



infraestrutura ferroviária, o estado brasileiro iniciou o processo de concessão do transporte ferroviário de carga, representado por proximadamente 25.896 km de linhas férreas.

Entretanto, apesar das concessões e do aumento de investimentos privados, Mascarenhas (2005) indica que as perspectivas do setor não levam à construção de cenários favoráveis ao aumento da participação ferroviária na movimentação de cargas. Os investimentos em vias permanentes, por exemplo, ainda estão abaixo do necessário. Além disso, mesmo depois das privatizações do setor, a extensão da malha ferroviária permaneceu praticamente a mesma, a qualidade das vias permanentes também continua precária e estas ainda têm de atravessar diversas passagens de nível e zonas povoadas, o que acaba por refletir na baixa velocidade de tráfego do país.

Estudos setoriais sobre os impactos dos transportes, como este, sobre combustível em Minas Gerais, ainda são escassos, ou de acesso restrito, por se tratarem de pesquisas de interesses setoriais fechados. Porém a razão é advinda não só da importância do assunto — combustível é um elemento-chave para as economias, além de importante componente da inflação, por estar presente nos custos de todas as mercadorias movimentadas, nos transportes públicos e privados, como destaca Figueiredo (2006) — mas também porque os benefícios gerados com constatações dessa natureza afetariam um público significativo. Além do mais, as especificidades logísticas realçam a importância de estudos setoriais. O objetivo então é avaliar o potencial do transporte ferroviário de combustíveis no Estado, mensurando a demanda captável e os impactos da subutilização em termos de acréscimos nos custos logísticos.

## **2 MARCO CONCEITUAL E METODOLÓGICO**

Nesta seção, serão apresentados os conceitos, os métodos e os dados utilizados. Com o intuito de analisar o transporte de combustível no Estado de Minas Gerais, recorreu-se a uma abordagem analítica, com vistas a acessar os dados, classificá-los e analisá-los. Empregou-se também uma abordagem qualitativa em que, a partir dos resultados obtidos, fez-se uma extrapolação a fim de confrontar tais dados com a realidade do Estado.



## 2.1 Princípios econômicos da troca

Crainic e Laporte (1997) caracterizam os modelos de equilíbrio espacial como clássicos para a identificação de fluxos interregionais de produtos. Modelos dessa natureza determinam simultaneamente quantidades compradas e vendidas nas regiões e respectivos preços, com o uso de funções de oferta e de demanda. Uma das aplicações frequentes do modelo está nos problemas de comercialização de *commodities*.

Entre locais de produção e os pontos de consumo, os produtos têm seu preço elevado, à medida que incorpora custos referentes às operações e às transações. Dentre estes, os custos de transportes normalmente são a principal variável que explica a diferença principal entre os preços nas regiões de oferta e de demanda pelo grão, como é o interesse específico desta proposta.

O problema teórico para explicar o preço de equilíbrio em mercados espacialmente separados pode ser tratado pelo Modelo de Equilíbrio Espacial, elaborado por Samuelson (1952). Os modelos de equilíbrio espacial têm sido usados para estudos em economia agrícola para simular o impacto de novas medidas sobre o setor, além das mudanças nas políticas de transportes.

Portanto, Samuelson (1952) demonstrou que os problemas de equilíbrio espacial entre diferentes mercados podem ser resolvidos por meio de programação matemática. Trabalhando com um modelo de dois mercados espacialmente separados, Samuelson formulou o problema como sendo uma área de maximização sob todas as curvas de excesso de demanda menos a área de todas as curvas de excesso de suprimento, menos o total de custos de transporte. A maximização de todas essas áreas resulta numa solução competitiva de equilíbrio espacial, isto é, baseado nas áreas resultantes da intersecção das curvas dessas variáveis (FIG. 1).

Região 1

Região 2

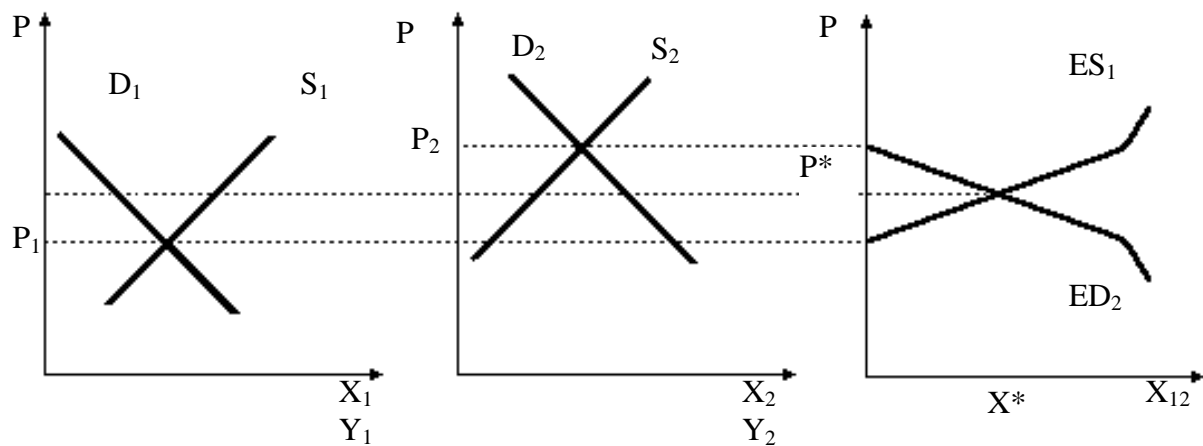


FIGURA 1: Modelo de equilíbrio espacial sem custos de transportes  
Fonte: BULHÕES, 1998.

Takayama e Judge (1971) estenderam a formulação de Samuelson com o desenvolvimento de um algoritmo para solucionar as condições de equilíbrio espacial, envolvendo diversas *commodities* transacionadas entre muitas regiões, usando um preço linear dependente e funções de demanda e oferta, chegando a dimensões espaciais e intertemporais de preço, produção, fator de uso e consumo.

Algumas das aplicações possíveis de modelos de equilíbrio espacial estão documentadas na literatura para tratar de problemas de alocação ótima de produtos (WAQUIL, 1996), em estudos de competição (GUARIM, 1992; BULHÕES, 1998), de distribuição (FULLER et al., 1985; OJIMA; YAMAKAMI, 2003; CAIXETA-FILHO; MACAULAY, 1989) e de localização (CANZIANI, 1991; LOPES, 1997; RAMOS, 2001).

No caso de produtos como combustíveis, em particular, esse fluxo de comércio origina-se nas usinas e refinarias, pontos de produção, e é direcionado a seus pontos de destino, os consumidores finais.

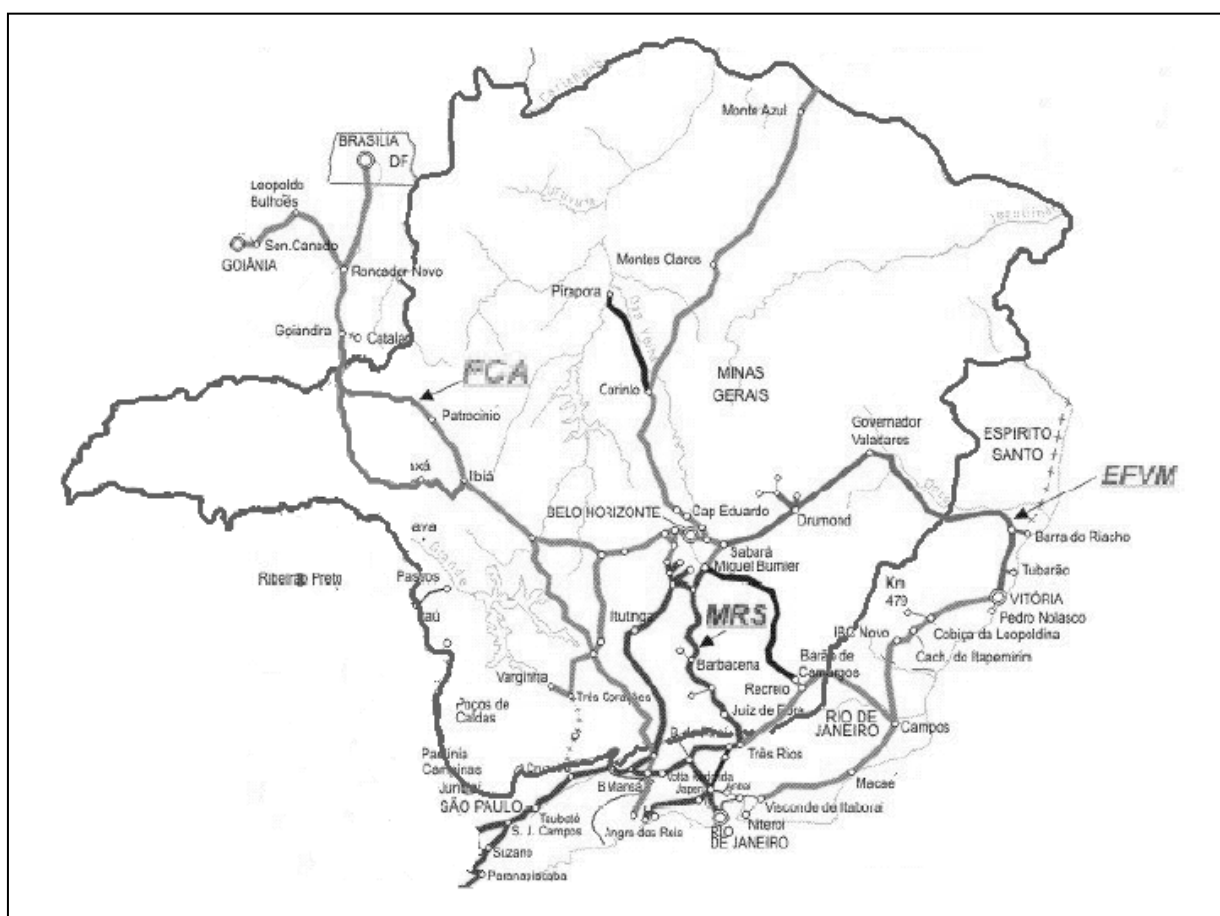
Em Minas Gerais, pode-se visualizar esse cenário da seguinte forma para os derivados de petróleo: tem-se sua origem na Refinaria de Gabriel Passos (REGAP), em Betim, região metropolitana de Belo Horizonte, enquanto seus destinos são as demais cidades do Estado. Contudo nem sempre o combustível segue diretamente para os municípios, a partir da refinaria. Como exemplificado por Figueiredo (2006), podem-se ter fluxos para bases localizadas em regiões estratégicas, geralmente cidades polos de micro ou mesorregiões, e delas distribuído às demais cidades. O uso de cidades polos como entreposto de distribuição justifica-se devido ao fato de que quase sempre estas são cidades referências na região, sendo as de melhor acessibilidade (redes de transporte) e por serem quase sempre as cidades de

maior demanda. Dessa forma, concentrando-se os fluxos para essas cidades, podem-se reduzir custos de transportes graças à economia de escala.

## 2.2 Transporte ferroviário

### 2.2.1 Transporte ferroviário em Minas Gerais

Minas Gerais possui a segunda maior malha ferroviária estadual do país (FIG. 2), atrás do Estado de São Paulo. São aproximadamente 5.322 km de ferrovias, o que representa 14% da malha ferroviária nacional<sup>1</sup>, e o sistema ferroviário de carga é composto por três concessionárias: a Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), a Malha Região Sudeste (MRS) e a Ferrovia Centro-Atlântica (FCA).



<sup>1</sup> Dados disponibilizados pela ANTF - [www.antf.org.br](http://www.antf.org.br)

FIGURA 2: Malha ferroviária no estado de Minas Gerais  
Fonte: ANTT, 2007.

A concessão da EFVM foi conferida à Companhia Vale do Rio Doce em 1997. Sua área de atuação é restrita aos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Seus principais produtos transportados podem ser vistos na Tabela 2. Nota-se que o principal produto transportado é o minério de ferro, respondendo por 78,5% da carga transportada em 2005. Já o transporte de combustível foi bem mais modesto, não representando nem 1% da carga transportada pela concessionária

Já a MRS obteve a concessão da Malha Sudeste, que antes pertencia à Rede Ferroviária Federal S.A. em 1996. Sua área de atuação contempla os Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Seu foco de atividades está no transporte ferroviário de cargas gerais, como minérios, produtos siderúrgicos acabados, cimento, bauxita, produtos agrícolas, coque verde e contêineres. Essa concessionária, contudo, não transportou nenhum tipo de combustível no ano em questão, como se pode observar na Tabela 1.

**TABELA 1**  
**Principais Mercadorias Transportadas pelas Concessionárias Ferroviárias em Minas Gerais em 2005 - (TU) 10<sup>3</sup>**

<b>PRODUTO AGREGADO</b>	<b>EFVM<sup>1</sup></b>	<b>MRS<sup>2</sup></b>	<b>FCA<sup>3</sup></b>
Aço	5.862,60	-	-
Açúcar	-	-	159,3
Adubos e fertilizantes em geral	-	-	1.073,40
Bauxita	-	1.337,40	2.486,70
Calcário	2.443,70	-	3.812,30
Carvão mineral	4.705,70	2.971,50	-
Celulose	894,5	381,3	-
Cimento	-	1.782,20	757,2
Contêiner	-	640,5	-
Coque	1.433,20	324	-
Derivados de petróleo	382,7	-	1.261,80
Enxofre	-	403,9	-
Escória	-	-	309,9
Farelo de soja	-	-	1.723,90
Ferro gusa	3.048,80	-	1.738,50
Fosfato	-	-	197,1
Grãos/Farelos	4.423,40	-	-
Minério de Ferro	102.770,70	79.918,20	1.826,30
Produtos Siderúrgicos	-	7.496,60	2.913,40
Rocha de fosfato seco	-	-	212,3
Soja	-	5.890,20	2.976,00
Toretas	1.654,60	-	-



Outras mercadorias	3.342,10	6.996,20	6.108,90
<b>Total</b>	<b>130.962</b>	<b>108.142</b>	<b>27.557</b>

1-Est. Ferro Vitória-Minas (EFVM); 2-Malha Região Sudeste (MRS Logística);3-Ferrovia Centro-Atlântica (FCA)

Fonte: ANTT, 2007.

A FCA, por sua vez, obteve a concessão da Malha Centro-Leste, que antes era propriedade da Rede Ferroviária Federal S.A., também em 1996. Sua malha ferroviária tem aproximadamente 7.080 km de extensão e estende-se transversalmente pela região central do Estado, bifurcando-se, em Belo Horizonte, para o norte, até atingir a Bahia.<sup>2</sup>

Nota-se uma diversidade maior nos produtos transportados e uma homogeneidade no volume. O volume de combustível transportado pela concessionária para o referido ano, apesar de baixo, é sensivelmente maior do que as duas outras concessionárias, respondendo por 4,58% dos produtos transportados.

### ***2.2.2 Transporte ferroviário de combustível***

O transporte de combustíveis no Brasil é feito predominantemente pelo modal rodoviário. Mesmo onde há disponibilidade de ferrovias, não há necessariamente movimentação dessa carga pelas concessionárias.

Além dos problemas típicos do sistema ferroviário brasileiro, como baixa capilaridade e pequenas distâncias percorridas pelas cargas (menos de 500 km, em média), um outro fator que contribui para esse cenário relaciona-se ao custo logístico do transporte. Como evidenciado pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2007), o custo logístico total foi considerado o fator de maior importância na decisão pela utilização do serviço ferroviário na movimentação dos combustíveis. Segundo a pesquisa, o custo do frete ferroviário no país é considerado alto pelos embarcadores quando comparado à opção rodoviária. Em média, o desconto exigido para que se utilize o modal ferroviário no transporte de derivados de petróleo deveria ser de 40% e, com relação ao álcool, de 29,3%. Como implicação, segundo a pesquisa, tem-se, atualmente, um volume de carga reprimida de 29,5% no que se refere ao álcool e de 11,6% de derivados de petróleo.

<sup>2</sup> Dados da própria empresa.



**3 MODELAGEM DE PROBLEMAS DE TRANSPORTE****3.1 Modelo de equilíbrio espacial e programação linear**

Um método muito utilizado na solução de problemas de transportes consiste na adoção de um modelo de equilíbrio espacial e a adoção de métodos matemáticos como programação linear. Utilizou-se esse método neste estudo, pois ele visa otimizar o sistema como um todo, levando em consideração não só as cargas a serem transportadas, mas também os pontos de origem/destino e as restrições das vias e desses pontos de referência. A partir de dados como oferta e demanda, além de medidas de impedância como os custos do transporte, pretende-se conhecer a melhor maneira de escoar a produção das zonas de origens para suas respectivas regiões consumidoras.

Segundo Crainig e Laporte (1997), os modelos de equilíbrio espacial têm por características a identificação de fluxos inter-regionais de produtos, determinando simultaneamente quantidades compradas e vendidas nas regiões e respectivos preços, com o uso de funções de oferta e de demanda.

No caso específico do presente estudo, foi construído um modelo que tem como objetivo determinar a maneira ótima de alocar os recursos, dadas as restrições existentes. É importante ressaltar que foram construídos dois modelos, pois o número de regiões ofertantes e demandantes foi diferente no que diz respeito ao álcool e à gasolina e ao diesel.

De tal modo, neste estudo, o modelo para o álcool foi:

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^7 \left[ (FR_{ij} \times TR_{ij}) + (FF_{ij} \times TF_{ij}) \right] \quad (1)$$

sujeito às restrições

$$\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^7 \left[ (TR_{ij}) + (TF_{ij}) \right] \geq S_i, \quad \text{para todo } i,j; \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^7 \left[ (TR_{ij}) + (TF_{ij}) \right] \leq D_j, \quad \text{para todo } i,j; \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^7 [TF_{ij} \leq F_i]$$

$$, \text{ para todo } i,j; \quad (4)$$

$$, \text{ para todo } i,j \quad (5)$$

$$\begin{aligned} TF_{ij}, TR_{ij} &\geq 0 \\ TF_{ij} + TR_{ij} &\leq T \end{aligned} \quad , \text{ para todo } i,j; \quad (6)$$

E para gasolina e diesel:

$$\text{Min } W = \sum_{p=1}^2 \sum_{j=1}^{66} \sum_{i=1}^3 \left[ (FR_{ij} \cdot x TR_{ij}) + (FF_{ij} \cdot x TF_{ij}) \right] \quad (7)$$

Sujeito às restrições

$$\sum_{p=1}^2 \sum_{j=1}^{66} \sum_{i=1}^3 (TR_{ij}) + (TF_{ij}) \geq S_i \quad , \text{ para todo } i,j; \quad (8)$$

$$\sum_{p=1}^2 \sum_{j=1}^{66} \sum_{i=1}^3 (TR_{ij}) + (TF_{ij}) \leq D_j \quad , \text{ para todo } i,j; \quad (9)$$

$$\sum_{p=1}^2 \sum_{j=1}^{66} \sum_{i=1}^3 [TF_{ij} \leq F_j] \quad , \text{ para todo } i,j; \quad (10)$$

$$TF_{ij}, TR_{ij} \geq 0 \quad , \text{ para todo } i,j; \quad (11)$$

$$TF_{ij} + TR_{ij} \leq T \quad , \text{ para todo } i,j; \quad (12)$$

sendo,

$Z$  = função de custo total de transporte de álcool;

$Z$  = função de custo total de transporte de gasolina ou diesel;

$FR_{ij}$  = frete rodoviário (em R\$/t) entre as regiões  $i$  e  $j$ , por unidade do produto;

$TR_{ij}$  = quantidade transportada de álcool/gasolina/diesel pelo modal rodoviário entre as regiões  $i$  e  $j$ ;

$FF_{ij}$  = frete rodoviário (em R\$/t) entre as regiões  $i$  e  $j$ , por unidade do produto;

$TF_{ij}$  = quantidade transportada de álcool/gasolina/diesel pelo modal ferroviário entre as regiões  $i$  e  $j$ ;

$S^P_i$  = excesso de oferta de álcool/gasolina/diesel na região  $i$ ;

$D^P_j$  = excesso de demanda de álcool/gasolina/diesel na região  $j$ ;

$F_{ij}$  = capacidade de tráfego nas ferrovias;

$T$  = capacidade total de transporte do sistema.

No que se refere às restrições do modelo, têm-se:

- restrição de oferta (Eq. 2 e 8): cada região produtora tem sua capacidade máxima de produção. No caso da gasolina e diesel, considerou-se que a única região produtora em Minas Gerais será a microrregião Metropolitana de Belo Horizonte, onde se localiza a Refinaria Gabriel Passos (REGAP). Como a demanda do Estado por derivados de petróleo é maior que sua produção, considerou-se que este déficit foi abastecido pelas refinarias de Mangueiras (RJ) e Refinaria de Paulínia (SP). Para o álcool tem-se que são seis as regiões produtoras em Minas Gerais. Cada uma será considerada um polo ofertante e abastecerá o mercado. Novamente, como a produção de álcool no Estado não é suficiente para atendê-lo, considerou-se que o déficit será coberto pela produção proveniente de Ribeirão Preto (SP), uma das maiores regiões produtoras de álcool de cana do mundo;
- restrição de demanda (Eq. 3 e 9): considerou-se que cada região demandante será

abastecida no máximo pelo volume de sua demanda;

- restrição de capacidade de transporte do modal ferroviário (Eq. 4 e 10): como visto anteriormente, cada concessionária possui sua própria quantidade máxima a ser transportada, de acordo com cada produto, como demonstrado na Tabela 2. Tais valores são determinados a partir de dados obtidos com as próprias concessionárias e dados da ANTT (2007).

**TABELA 2**

**Estimativa de produção e consumo de gasolina e diesel, Minas Gerais, 2004/2015 - em (t)**

Continua

Microrregiões	Produção 2004 -(t)		Consumo 2004 - (t)		Produção 2015-(t)		Consumo 2015 -(t)	
	gasolina	diesel	gasolina	Diesel	gasolina	diesel	gasolina	Diesel
Barbacena	0	0	13.150	25.455	0	0	8.926	43.274
Lavras	0	0	11.508	22.276	0	0	7.811	37.870
São João Del Rei	0	0	11.231	21.742	0	0	7.624	36.961
Bom Despacho	0	0	12.969	25.106	0	0	8.804	42.681
Curvelo	0	0	8.653	16.750	0	0	5.874	28.476
Três Marias	0	0	6.119	11.846	0	0	4.154	20.138
Almenara	0	0	4.286	8.298	0	0	2.910	14.106
Araçuaí	0	0	3.335	6.456	0	0	2.264	10.975
Capelinha	0	0	6.047	11.706	0	0	4.105	19.901
Diamantina	0	0	4.131	7.997	0	0	2.804	13.595
Pedra Azul	0	0	4.070	7.879	0	0	2.763	13.394
Belo Horizonte	874.310	2.031.173	450.131	871.368	663.644	3.452.994	305.553	1.481.325
Conceição Mato Dentro	0	0	1.735	3.358	0	0	1.178	5.709
Cons. Lafaiete	0	0	19.529	37.804	0	0	13.256	64.268
Itabira	0	0	26.683	51.654	0	0	18.113	87.812
Itaguara	0	0	3.451	6.680	0	0	2.342	11.356
Ouro Preto	0	0	13.365	25.871	0	0	9.072	43.981
Pará De Minas	0	0	8.732	16.904	0	0	5.927	28.736
Sete Lagoas	0	0	10.258	19.857	0	0	6.963	33.757
Paracatu	0	0	16.199	31.357	0	0	10.996	53.307
Unaí	0	0	8.585	16.618	0	0	5.827	28.251
Bocaiúva	0	0	2.319	4.489	0	0	1.574	7.631
Grão Mogol	0	0	1.387	2.684	0	0	941	4.563
Janaúba	0	0	7.851	15.199	0	0	5.330	25.838
Januária	0	0	5.303	10.265	0	0	3.600	17.450
Montes Claros	0	0	6.955	13.464	0	0	4.721	22.888
Pirapora	0	0	6.910	13.376	0	0	4.690	22.739
Salinas	0	0	5.966	11.550	0	0	4.050	19.634
Campo Belo	0	0	6.333	12.259	0	0	4.299	20.840
Divinópolis	0	0	35.741	69.188	0	0	24.262	117.620
Formiga	0	0	11.618	22.490	0	0	7.886	38.234
Oliveira	0	0	7.498	14.514	0	0	5.089	24.674
Piumhi	0	0	5.638	10.914	0	0	3.827	18.555
Alfenas	0	0	17.023	32.953	0	0	11.555	56.021
Andrelândia	0	0	4.166	8.064	0	0	2.828	13.709
Itajubá	0	0	12.047	23.321	0	0	8.178	39.646

TABELA 2

Estimativa de produção e consumo de gasolina e diesel, Minas Gerais, 2004/2015 - em (t)

Conclusão

Microrregiões	Produção 2004 -(t)		Consumo 2004 - (t)		Produção 2015-(t)		Consumo 2015 -(t)	
	gasolina	diesel	gasolina	Diesel	gasolina	diesel	gasolina	Diesel
Passos	0	0	16.981	32.873	0	0	11.527	55.884
Poços de Caldas	0	0	50.133	97.047	0	0	34.030	164.980
Pouso Alegre	0	0	30.864	59.746	0	0	20.950	101.568
Sta R. do Sapucaí	0	0	6.748	13.064	0	0	4.581	22.208
São Lourenço	0	0	14.424	27.923	0	0	9.791	47.469
São S. do Paraíso	0	0	19.281	37.325	0	0	13.088	63.453
Varginha	0	0	31.083	60.170	0	0	21.099	102.290
Araxá	0	0	19.123	37.018	0	0	12.981	62.931
Frutal	0	0	11.616	22.486	0	0	7.885	38.227
Ituiutaba	0	0	9.611	18.604	0	0	6.524	31.627
Patos de Minas	0	0	20.415	39.519	0	0	13.858	67.183
Patrocínio	0	0	14.010	27.120	0	0	9.510	46.104
Uberaba	0	0	34.948	67.653	0	0	23.723	115.010
Uberlândia	0	0	84.810	164.176	0	0	57.570	279.099
Nanuque	0	0	4.546	8.801	0	0	3.086	14.961
Teófilo Otoni	0	0	27.533	53.298	0	0	18.689	90.607
Aimorés	0	0	7.454	14.429	0	0	5.060	24.529
Caratinga	0	0	11.458	22.181	0	0	7.778	37.708
Gov. Valadares	0	0	24.218	46.882	0	0	16.439	79.699
Guanhães	0	0	7.138	13.818	0	0	4.845	23.491
Ipatinga	0	0	38.350	74.237	0	0	26.032	126.203
Mantena	0	0	3.466	6.709	0	0	2.352	11.405
Peçanha	0	0	2.737	5.299	0	0	1.858	9.008
Cataguazes	0	0	15.575	30.150	0	0	10.572	51.255
Juiz de Fora	0	0	56.320	109.025	0	0	38.231	185.343
Manhuaçu	0	0	18.984	36.749	0	0	12.886	62.474
Muriaé	0	0	16.168	31.298	0	0	10.975	53.207
Ponte Nova	0	0	9.150	17.713	0	0	6.211	30.112
Ubá	0	0	16.501	31.943	0	0	11.201	54.304
Viçosa	0	0	11.795	22.832	0	0	8.006	38.814
Total	874.310	2.031.173	1.416.361	2.741.803	663.644	3.452.994	961.437	4.661.065

Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, com dados fornecidos pela ANTT, 2007.

Por meio das empresas, obteve-se o máximo que cada uma delas transporta de combustível, e com os dados fornecidos pela ANTT (2007), qual a quantidade de carga reprimida – que por algum motivo deixou de ser transportada por ferrovias e o foi por rodovias – por produto no sistema. Dessa forma, considerou-se que a quantidade máxima passível de ser transportada pelas empresas em 2004 será igual à quantidade máxima que elas já transportam somada à demanda reprimida. Para 2015, espera-se que essa capacidade de transporte dobre, considerando-se o crescimento de demanda pelos serviços e os investimentos das empresas.

Assim, com a capacidade transportada de  $300,7 \times 10^3$  TU para a EFVM,  $265,05 \times 10^3$  TU



para a FCA e  $2194,0 \times 10^3$  TU para a MRS, além da demanda reprimida para o álcool responder a 34,8% do total de álcool transportado por rodovia e para a gasolina 41,2%, encontrou-se a capacidade máxima de transporte por ferrovia, o que está disposto na Tabela 3.

**TABELA 3**  
**Capacidade máxima de transporte por concessionária - 2004 e 2015 – em toneladas**

Concessionária / carga	Álcool		Derivados de petróleo	
	2004	2015	2004	2015
<b>FCA</b>	527.172	1.054.345	818.348	1.636.696
<b>EFVM</b>	562.822	1.125.645	853.998	1.707.996
<b>MRS</b>	2.456.122	4.912.245	2.747.298	5.494.596

Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, com dados fornecidos por ESALQ-LOG e Concessionárias.

Quanto às restrições de capacidade de transporte total do sistema (Eq. 6 e 12), a quantidade máxima transportada pelo sistema deve ser menor ou igual a sua capacidade máxima de transporte.

### 3.2 Especificação dos dados

Os dados utilizados referem-se às quantidades e locais onde os produtos são produzidos e consumidos, as redes logísticas existentes no Estado, que nos informam as possíveis rotas por onde circulam os produtos, além dos preços dos fretes e as capacidades operacionais das empresas ferroviárias.

Para o cálculo do consumo e produção, fez-se necessário identificar todos os municípios de Minas Gerais. Feito isto, os municípios foram agrupados em micro e mesorregiões, segundo critérios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>3</sup>, para que se pudessem definir, então, quais regiões seriam produtoras e quais seriam demandantes. Tal procedimento se fez necessário devido à restrição de programação do *software* utilizado no cálculo de otimização do sistema. Apesar disso, não houve necessariamente prejuízo ao modelo, pois o que se tenta demonstrar aqui é a vantagem comparativa do modal ferroviário em relação ao modal rodoviário; apesar da diminuição da

<sup>3</sup> Segundo o IBGE, Minas Gerais possui atualmente 853 municípios agrupados em 66 microrregiões e 12 mesorregiões.



quantidade de rotas existentes, ainda sim se pôde fazer tal análise.

Em seguida, pôde-se determinar qual a quantidade produzida e consumida de cada produto, nas respectivas regiões. Foram determinados os dados de produção e consumo em Minas Gerais para 2004, último ano com disponibilidade de todos os dados consolidados para fins do desenvolvimento deste estudo, e também para 2015, o que permitiu fazer comparações entre custos e quantidades transportadas hoje e no futuro.

Realizou-se também uma projeção do consumo e produção para 2015. Dessa forma, puderam-se analisar possíveis alterações no consumo e produção e seus reflexos no modelo deste estudo.

Segundo Roppa (2005), a demanda por combustível pode ser determinada por inúmeros fatores, como o preço e a renda. Contudo, dada a relativa inelasticidade-preço dos combustíveis, a renda passa a ser um dos elementos mais importantes na determinação da demanda por combustíveis. Burnquist e Bacchi (2002) salientam que, no longo prazo, a gasolina apresenta uma elasticidade-renda de sinal positivo próxima à unidade, ou seja, 0,959. Portanto, tem-se que, no longo prazo, um aumento da renda condicionará um aumento no consumo de combustível quase na mesma proporção. Dessa forma, o consumo de gasolina em 2015 pôde ser estimado a partir do crescimento da renda, sendo esse procedimento extrapolado para os demais combustíveis. Para fins desta análise, considerou-se que a produção também se comportou dessa maneira.

Dessa forma, para estimar a produção em 2015, tanto para álcool, quanto para gasolina tomou-se primeiro a taxa de crescimento do PIB de Minas Gerais para 2004. Essa taxa é de 4,9% a.a., segundo o Instituto de Desenvolvimento Integrado de Minas Gerais (INDI). Portanto, devido a essa relação positiva entre consumo e renda e supondo-se que esse crescimento se manterá constante ao longo dos anos, tem-se a produção desses combustíveis para 2015. Uma revisão da literatura atualmente disponibilizada não apresenta prognósticos de longo-prazo de crescimentos das economias nacionais, tampouco as regionais ou as estaduais.

Os dados referentes a produção e consumo, tanto para 2004 quanto para 2005, encontram-se nas Tabelas 2 e 4.

**TABELA 4**  
**Estimativas de produção e consumo de álcool, Minas Gerais, 2004/2015 – em (t)**

Continua

Microrregiões	Álcool 2004		Álcool 2015	
	produção ( t )	consumo ( t )	produção ( t )	consumo ( t )
Barbacena	0	7.443	0	25.798
Lavras	0	6.826	0	23.657
São João Del Rei	0	6.465	0	22.408
Bom Despacho	58.527	11.149	171.923	38.643
Curvelo	0	5.896	0	20.437
Três Marias	58.527	4.129	171.923	14.313
Almenara	0	2.068	0	7.168
Araçuaí	0	4.965	0	17.209
Capelinha	0	3.580	0	12.409
Diamantina	0	2.598	0	9.003
Pedra Azul	0	2.087	0	7.235
Belo Horizonte	0	248.898	0	862.686
Conceição Do Mato Dentro	0	906	0	3.139
Conselheiro Lafaiete	0	11.257	0	39.018
Itabira	0	15.518	0	53.787
Itaguara	0	1.987	0	6.886
Ouro Preto	0	7.717	0	26.746
Pará De Minas	0	5.332	0	18.479
Sete Lagoas	0	7.046	0	24.420
Paracatu	35.111	10.427	103.139	36.139
Unaí	0	6.077	0	21.063
Bocaiúva	0	1.430	0	4.958
Grão Mogol	0	741	0	2.567
Janaúba	0	5.048	0	17.496
Januária	0	3.025	0	10.485
Montes Claros	0	4.264	0	14.778
Pirapora	0	3.961	0	13.727
Salinas	0	3.302	0	11.445
Campo Belo	0	3.693	0	12.801
Divinópolis	0	23.271	0	80.658
Formiga	0	7.256	0	25.148
Oliveira	0	4.477	0	15.519
Piumhi	0	3.524	0	12.215
Alfenas	0	10.979	0	38.054
Andrelândia	0	2.420	0	8.387
Itajubá	0	7.185	0	24.904
Passos	0	11.319	0	39.233
Poços de Caldas	0	29.267	0	101.440
Pouso Alegre	0	18.999	0	65.851
Santa Rita do Sapucaí	0	4.466	0	15.478
São Lourenço	0	8.048	0	27.896
São Sebastião do Paraíso	71.456	12.797	209.901	44.354
Varginha	0	19.788	0	68.585
Araxá	48.080	10.520	141.236	36.462
Frutal	120.201	8.906	353.090	30.867
Ituiutaba	24.040	6.009	70.618	20.827





Patos de Minas	0	12.727	0	44.113
Patrocínio	0	9.676	0	33.538

**TABELA 4**  
**Estimativas de produção e consumo de álcool, Minas Gerais, 2004/2015 – em (t)**

Microrregiões	Álcool 2004		Álcool 2015	
	produção ( t )	consumo ( t )	produção ( t )	consumo ( t )
Uberaba	72.121	22.395	211.854	77.622
Uberlândia	120.201	52.044	353.090	180.386
Nanuque	55.505	2.304	163.046	7.986
Teófilo Otoni	0	15.160	0	52.546
Aimorés	0	3.713	0	12.870
Caratinga	0	6.245	0	21.646
Governador Valadares	0	12.508	0	43.352
Guanhães	0	3.762	0	13.039
Ipatinga	0	22.840	0	79.163
Mantena	0	1.673	0	5.800
Peçanha	0	1.396	0	4.838
Cataguazes	0	8.298	0	28.762
Juiz de Fora	0	29.886	0	103.586
Manhuaçu	0	10.388	0	36.005
Muriaé	0	8.801	0	30.503
Ponte Nova	13.995	5.068	41.111	17.566
Ubá	0	8.635	0	29.928
Viçosa	0	7.584	0	26.286
<b>Total</b>	<b>677.764</b>	<b>832.168</b>	<b>1.990.931</b>	<b>2.884.312</b>

Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, com dados fornecidos pela ANP.

Outros dados utilizados referem-se à distância entre os municípios e os fretes rodoviários e ferroviários praticados.

Para se calcular o frete rodoviário, utilizaram-se as distâncias entre as cidades do Estado, com base em dados oficiais do Departamento de Estradas de Rodagem (DER), da ANTT, do *software* de geoprocessamento - SPRING – e dados disponíveis no sítio da Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias (ABCR).

Então, os fretes foram estimados. Para tanto, utilizaram-se regressões de ANTT (2007). Dessa forma, o frete foi estimado com base na distância entre os pontos de origem e destino. Para distâncias maiores que 200 km, utilizou-se uma função linear para o cálculo do frete, como sugere a Equação (13). Para distâncias menores que 200 km, a forma funcional foi a log-log, vista pela Equação (14), haja vista as participações relativas diferenciadas do *set up* operacional, equivalentes aos processos de carregamento e descarregamento dos veículos.

$$\text{Linear: } Y = \alpha_i + \beta_i X_i + \varepsilon \quad (13)$$

$$\text{Log-Log: } \log Y = \alpha_i + \beta_i \log X_i + \varepsilon \quad (14)$$

Onde:

$Y$  = valor do frete rodoviário;

$i$  = produto (álcool, gasolina ou diesel);

$\alpha_i$  = constante relativa ao frete rodoviário;

$\beta_i$  = coeficiente referente às distâncias relacionadas ao frete rodoviário, para o produto  $i$ ;

$X_i$  = distância rodoviária entre os centros de origem e destino para cada produto;

$\varepsilon$  = termo de erro aleatório.

Dessa forma, com base nos estudos da ESALQ-LOG, têm-se os coeficientes das equações, base para o cálculo dos fretes, observados na Tabela 5.

**TABELA 5**  
**Estimativas de fretes rodoviários**

<b>Produtos</b>	<b>Equação do frete</b>
Álcool, forma linear	$Y = 12,0028 + 0,0476 X_i$
Álcool, forma log-log	$\text{Log } Y = 1,3033 + 0,5304 X_i$
Derivados de petróleo, forma linear	$Y = 12,0028 + 0,0476 X_i$
Derivados de petróleo, forma log-log	$\text{Log } Y = 1,3033 + 0,5304 X_i$

Fonte: Elaborado pelos autores do artigo.

Para o cálculo do frete ferroviário foram utilizados dados provenientes das concessionárias. Esses dados dizem respeito ao valor do frete ferroviário praticado em cada empresa, para as referidas cargas. Para determiná-lo, procedeu-se da seguinte maneira: a partir dos valores de frete cobrado por concessionária, selecionaram-se apenas aqueles referentes ao transporte de combustível, álcool e derivados de petróleo, e mais, fretes referentes ao transporte de combustíveis, mas cujo transporte foi realizado apenas no interior do Estado. Assim, objetivou-se calcular um frete mais representativo da realidade do Estado. Após a seleção, obteve-se a média desses fretes, por concessionária, e aquele cuja média tenha sido menor será o frete mais competitivo escolhido neste estudo. Isso significa que, tanto para o transporte de álcool quanto para o de derivados de petróleo, o frete a ser considerado é o de R\$0,021/t.km.

Isso considerado, foram obtidos dados nas empresas e na ANTT sobre distâncias ferroviárias. Com base nesses dados, pôde-se calcular uma matriz de fretes ferroviários entre as regiões de origem e as de destino.

Vale ressaltar que também foi considerada a possibilidade da utilização de transporte intermodal. Para cidades que distam até 200 km de pontos de transbordo ferroviário, considerou-se que estas também poderiam ser atendidas por ferrovia, levando-se em conta que

o preço do frete a ser cobrado consideraria o valor do frete ferroviário entre os dois pontos de transbordo mais a distância a ser percorrida pelo modal rodoviário.

## 4 RESULTADOS

A análise dos resultados implicou avaliar a participação do modal ferroviária na matriz de transporte otimizada e as respectivas sensibilidades diante das variações nos fretes ferroviários para 2004 (momento atual,  $t_0$ ) e 2015 (futuro).

Assim, os resultados obtidos com o modelo corroboram a ideia de que há demanda reprimida pelo modal ferroviário. Iniciando-se pelo caso do **álcool**, visualiza-se a reversão da participação dos modais (FIG. 3) nas quantidades transportadas quando se atingem os 25% de desconto no atual frete ferroviário. Concomitantemente, os custos totais do transporte caem sistematicamente com o aumento da utilização do serviço ferroviário (FIG. 4).

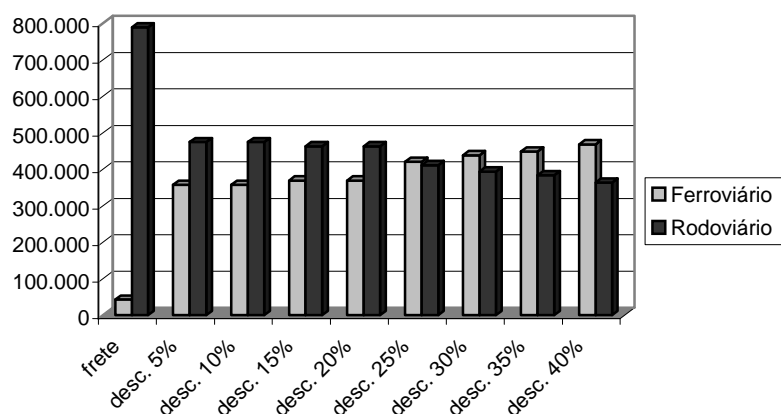


FIGURA 3: Quantidades de álcool transportado em Minas Gerais, segundo cenários de otimização, 2004

Fonte: Resultados da pesquisa.

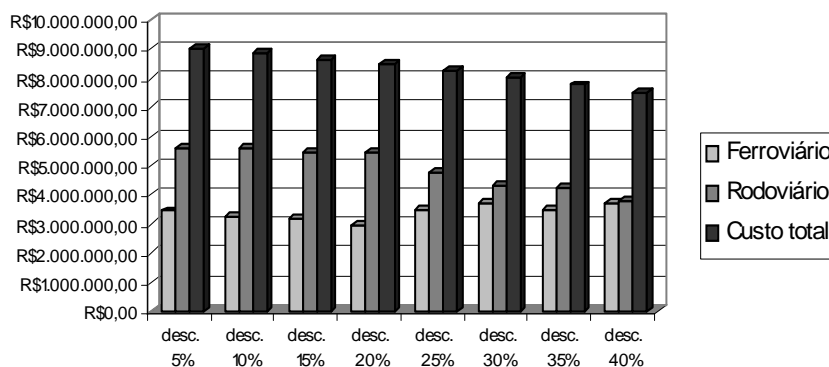


FIGURA 4: Custo do transporte de álcool em Minas Gerais, segundo cenários de otimização, 2004

Fonte: Resultados da pesquisa.

A elasticidade-preço é bastante significativa. Uma redução de 5% em seu preço, por exemplo, já é o suficiente para elevar a quantidade de álcool transportada pelo modal de 42.767 para 357.677 toneladas. Como obtido pelo modelo, uma redução de 40% no valor do frete, aumentaria em mais de 10 vezes a utilização do modal ferroviário no transporte de álcool.

Com relação a seus custos de distribuição, também se pôde notar essa significativa melhora. Por falta de dados dos custos totais atuais de transporte, não foi possível calcular esse valor para 2004. Contudo percebe-se que, à medida que os sucessivos descontos são concedidos, o custo total do transporte se reduz. Por exemplo, um aumento no desconto no preço do frete de 5% para 10% reduz em 2% o custo total do transporte de álcool no Estado, mesmo percentual obtido com aumento do desconto de 10% para 15%, 15% para 20% e 20% para 25%. Já para descontos maiores, por exemplo, ao aumentar o desconto de 25% para 30%, de 30% para 35% e de 35% para 40%, essas reduções no custo se tornam ainda maiores, chegando ao patamar de 3%. Isso quer dizer que um aumento no desconto de 5% para 40% no frete reduziria o custo total do sistema em 16,9%.

Com o frete praticado no modelo de otimização, apenas duas regiões eram plenamente atendidas pelo modal ferroviário: Norte e BH1 (referente à região de Itabira). Outras como BH2 (referente à Belo Horizonte), Oeste de Minas (Divinópolis) e Vale do Rio Doce (Governador Valadares) foram parcialmente atendidas, obtendo os percentuais de atendimento igual a 95%, 70% e 20% respectivamente. As demais localidades foram atendidas plenamente pelo modal rodoviário. Vale, porém, ressaltar que boa parte das localidades abastecidas pelo modal rodoviário eram cidades ofertantes do produto, ou, como era de se esperar, localidades onde só existia esta alternativa de transporte.

No entanto, com reduções no frete ferroviário, mais regiões passariam a ser abastecidas por esse modal. Localidades como Campo das Vertentes (Barbacena), Oeste de Minas, Zona da Mata (Juiz de Fora) poderiam ter sua demanda totalmente atendida pelo modal ferroviário, além do que a região do Vale do Rio Doce poderia ampliar sua utilização chegando a ter mais de 45% de sua demanda atendida por esse modal.

Ficou constatado também que um dos maiores empecilhos para o atendimento de regiões por esse modal são justamente as restrições da malha ferroviária, tanto em abrangência geográfica quanto em capacidade de tráfego. Quando se compara o melhor resultado do modelo para 2004 (desconto de 40% no frete), em que a movimentação atinge

cerca de 500.000 toneladas, e o desconto de 5% em 2015, com movimentação de cerca de 1 milhão de toneladas, objetivamente percebe-se a preferência setorial pelo modal. Tais resultados, porém, não são melhorados com variações no frete devido à falta de capacidade das ferrovias. A capacidade de transporte de uma das duas concessionárias possíveis de transportar o produto, a FCA, esgotou-se, enquanto as rotas possíveis da EFVM, por serem rotas que utilizam o transporte intermodal, possuem um frete relativamente mais alto. Embora um desconto no frete ferroviário faça cair o valor do transporte por esta concessionária, essa redução não se torna atrativa devido à parcela do frete do modal rodoviário embutido.

A demanda reprimida pelo transporte ferroviário fica também evidente pela análise do preço-sombra. Pôde-se constatar o valor de R\$30,00 de redução no custo total do transporte para cada unidade adicional viabilizada no transporte por ferrovia. Este é um indicador da adequação social do investimento.

No caso do transporte de diesel, embora tenham sido registrados aumentos na quantidade transportadas via ferrovia (FIG. 5) e redução nos custos (FIG. 6), o modal rodoviário sempre se manteve predominante.

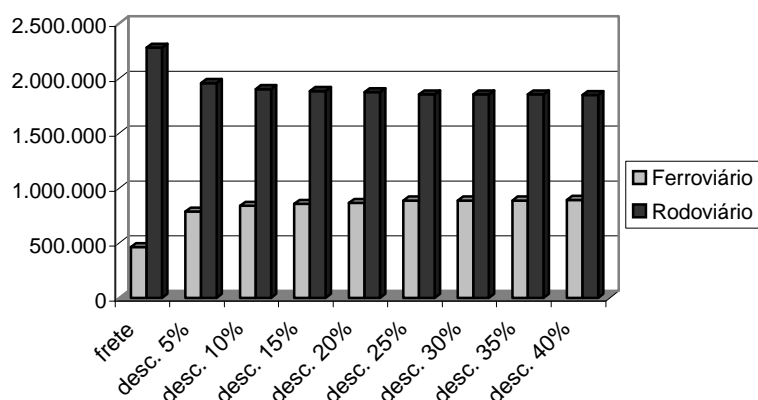


FIGURA 5: Quantidade de diesel transportada em Minas Gerais, segundo cenários de otimização, 2004  
Fonte: Resultados da pesquisa.

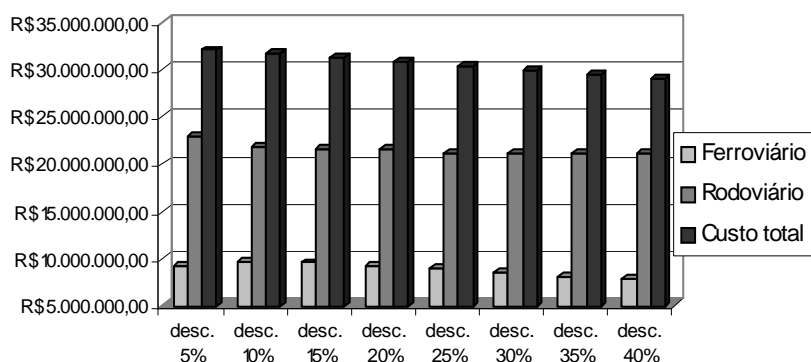


FIGURA 6: Custo do transporte de diesel em Minas Gerais, segundo cenários de otimização, 2004  
Fonte: Resultados da pesquisa.

A elasticidade-preço também foi bastante significativa. A redução do frete em apenas 5% foi suficiente para aumentar a demanda pelo modal e consequentemente o transporte de diesel de 461.849 para 784.195 toneladas, um aumento de 14%. No total, uma redução de 40% no valor do frete quase que dobraria a quantidade de diesel transportada via esse modal, passando dos atuais 461.849 toneladas para 893.687. Nesse patamar, os custos totais foram reduzidos em quase 10%.

Com o desconto de 5% no frete praticado no modelo de otimização, 20 das 66 regiões foram abastecidas integralmente pelo modal ferroviário. Montes Claros e Mantena o foram parcialmente, e as outras 44 foram atendidas pelo modal rodoviário. Porém, com o aumento do desconto do frete para 40%, outras quatro localidades passaram a ser abastecidas pelo modal ferroviário (Formiga, Três Marias, Viçosa e Oliveira; esta última, apenas parcialmente). Destaque-se que das 44 regiões abastecidas pelo modal rodoviário, para 18, esta era única alternativa possível.

Ficou caracterizada a demanda reprimida pela análise de sensibilidade em relação aos fretes ferroviários praticados. Para 2015, com desconto de 5% nos fretes, a movimentação ferroviária poderia atingir 1.331.131 toneladas, significativamente superior ao melhor valor de 2004, cerca de 900.000 toneladas (desconto de 40%). Com desconto máximo avaliado, 40%, o volume estimado é de 1.519.268 toneladas, representando aproximadamente 14,5%.

Também no caso do transporte de **gasolina**, embora tenham sido registrados aumento na quantidade transportada via ferrovia (FIG. 7) e redução nos custos (FIG. 8), o modal rodoviário é fortemente predominante.

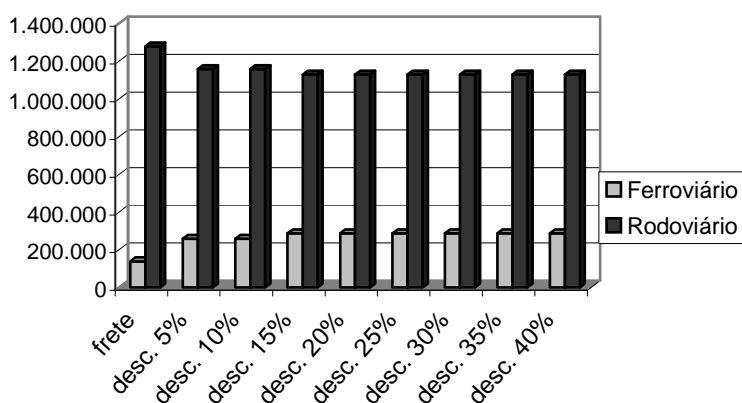


FIGURA 7: Quantidade de gasolina transportado em Minas Gerais, segundo cenários de otimização, 2004

Fonte: Resultados da Pesquisa.

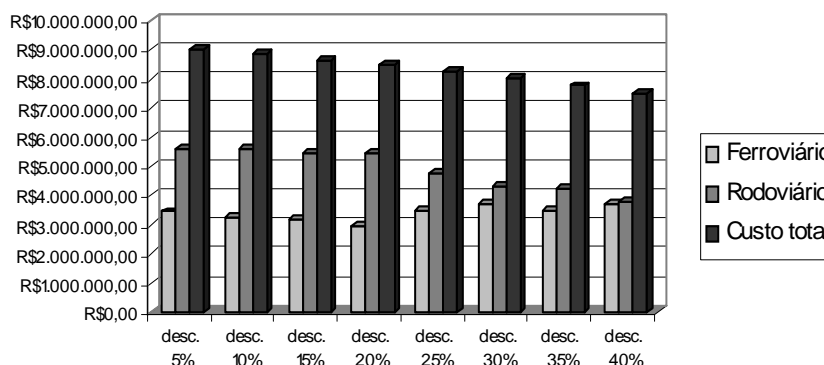


FIGURA 8: Custo do transporte de gasolina em Minas Gerais, segundo cenários de otimização, 2004

Fonte: Resultados da pesquisa.

Novamente, a elasticidade-preço também foi bastante significativa. A redução do frete em apenas 5% faz quase dobrar a quantidade transportada via modal ferroviário, passando de 138.154, para 258.487 toneladas transportadas. A partir de 15% de redução, não houve mais sensibilidade pelo fato de a restrição ter se tornado atuante, isto é, o valor limite foi a barreira para o crescimento do transporte ferroviário, ilustrando as restrições da malha aludidas anteriormente.

Uma outra razão deve-se à restrição de produção em Minas Gerais. Como dito antes, o Estado não produz tudo o que consome, tendo que importar esse déficit de Manguinhos (RJ) ou de Paulínia (SP). Dessa forma, quando se comparou o cenário de um frete 5% mais baixo, com o cenário de 25%, 30%, 35% e 40% de redução deste, constatou-se que, devido ao preço relativo do modal, a localidade de Uberlândia reduziu seu consumo proveniente de Paulínia (SP), cujo transporte se dava por rodovias e passou a demandar mais combustível de BH1 (Belo Horizonte), via modal ferroviário. Dessa forma, devido ao volume demandado, centros como Ubá, Viçosa e Araxá não mais puderam ser abastecidos por BH1 (Belo Horizonte), e passaram a sê-lo por Manguinhos (RJ) e Paulínia (SP), respectivamente. Araxá passou a ser abastecida apenas pelo modal rodoviário, no montante exato da quantidade que Uberlândia passou a receber via ferrovia de BH1. Contudo uma simples projeção de aumento da quantidade produzida em BH1, sem alterar a quantidade demandada por cada centro, demonstrou novamente que as rotas ferroviárias voltaram a ser mais utilizadas, já que agora a restrição de produção de BH1 (Belo Horizonte) foi relaxada e este pôde atender Uberlândia, Ubá, Viçosa e Araxá novamente.

Para 2015, a análise ficou prejudicada pela consideração feita no estudo sobre a evolução da utilização de combustíveis de outras fontes, tais como o álcool.

Dessa forma, pode-se perceber que o sistema ferroviário pode contribuir para redução significativa dos custos logísticos de distribuição de combustíveis em Minas Gerais. Tais impactos nos preços podem ser sentidos de maneira diferenciada regionalmente, nas estruturas de mercado que impliquem diferentes elasticidades de transmissão de preços.

Como exemplo, pode-se calcular o percentual de redução no preço de cada produto com base em uma planilha simplificada disposta pela revista Posto de Combustíveis e Conveniência (2006) e informações dos procedimentos do cálculo dispostas pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). O cálculo do preço se dá, de forma simplificada, como exposto na Tabela 7. A primeira linha representa o preço vigente a partir de setembro/2006, segundo Revista Posto de Combustíveis e Conveniência (2006). Já a segunda linha, representa o quanto se poderia reduzir no preço final da gasolina caso se tenha uma redução em seu custo de transporte.

Foi aplicada uma redução de 4,5% no preço da gasolina, como valor máximo obtido pelo modelo e de 16,4% para o álcool. Considerando-se que a margem dos distribuidores se manteve constante, essa redução poderia ocasionar, portanto, queda no preço final da mercadoria, em cerca de 5%.

Para o diesel, o mesmo esquema foi proposto, conforme Tabela 7.

**TABELA 6**  
**Composição do preço final (em bomba) do diesel**

Período	Preço diesel <sup>1</sup>	CIDE	PIS/COFINS	ICMS (12%)	Custo da distribuição	Margem distribuidores e postos	Preço final
Antes do incentivo ao uso do modal ferroviário	1,153	0,07	0,148	0,225	1,596	0,28	1,877
Após do incentivo ao uso do modal ferroviário	1,046	0,07	0,148	0,207	1,471	0,257	1,728

1 – O preço do diesel incorpora o preço da refinaria e o custo de transporte. Em razão da indisponibilidade de informações da parcela do custo de transporte que incide sobre o preço da mercadoria não foi possível desagregar este resultado.

Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, com as informações extraídas da ANP e da Revista Posto de Combustíveis e Conveniência, 2006.

Novamente, considera-se que a margem dos distribuidores e postos se manteve constantes. Mesmo assim, aplicando-se a redução obtida no cenário ótimo do modelo para o



diesel, que vem a ser de 9,24%, obteve-se uma redução do preço em bomba do diesel de aproximadamente 8%.

Por fim, foi feita a mesma análise para o álcool, como visto na Tabela 8.

**TABELA 7**  
**Composição do preço final (em bomba) do álcool**

Período	Preço álcool <sup>1</sup>	PIS/COFINS	ICMS (12%)	Outros impostos como CPMF	Custo da distribuição	Margem distribuidores e postos	Preço final
Antes do incentivo ao uso do modal ferroviário	0,746	0,027	0,215	0,536	1,526	0,271	1,798
Após do incentivo ao uso do modal ferroviário	0,620	0,027	0,194	0,536	1,377	0,244	1,620

1 – O preço do álcool incorpora o preço da refinaria e o custo de transporte. Em função da indisponibilidade de informações da parcela do custo de transporte que incide sobre o preço do álcool não foi possível desagregar este resultado.

Fonte: Elaborado pelos autores do artigo, com as informações extraídas da ANP e da Revista Posto de Combustíveis e Conveniência, 2006.

Novamente considerou-se uma margem constante para distribuidores e postos, mas a redução de 16,9% no custo de transporte resultou em uma redução de 10% no preço final do álcool.

Vale, contudo, lembrar que esse exercício pressupõe que a margem dos distribuidores e postos permanecerá a mesma, o que nem sempre é verdade. Porém utiliza-se dessa simplificação devido à intensificação da fiscalização da ANP e mesmo do PROCON, que, em última instância, servem sempre de salvaguarda aos consumidores, evitando, assim, que ganhos, por exemplo, potenciais, como estes demonstrados, acabem não chegando aos consumidores.

Portanto, relembando Figueiredo (2006), uma redução no custo de transporte dos combustíveis não ocasiona apenas uma redução no preço em bomba dos combustíveis, mas, como estes estão presentes no custo de todos os produtos transportados e também no próprio transporte, essa redução do preço terá impacto nos preços finais dos produtos. Em consequência, os produtos poderão ter seus preços reduzidos, a economia local poderá se tornar mais competitiva e alcançar um maior desenvolvimento e crescimento regional.

**5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho objetivou avaliar a utilização do modal ferroviário no transporte de mercadorias a granel, em particular os combustíveis, e as contribuições para o Estado de Minas Gerais. O transporte de combustível é tido, teoricamente, como uma das chamadas cargas cativas da ferrovia, pela facilidade de granelização e das operações. Há, porém, forte predomínio do transporte pelo modal ferroviário no Brasil e em Minas Gerais.

Ficou caracterizada a demanda reprimida pelo transporte ferroviário para combustíveis no Estado. Tal repressão deve-se fortemente às características geográficas e à capilaridade da malha, da capacidade operacional das ferrovias, bem como a propensão reduzida das concessionárias na prestação de serviços ao setor.

Assim, pôde-se constatar que as vantagens advindas de uma maior utilização do transporte ferroviário podem ser importantes reforços às demais forças competitivas da economia mineira. Como percebido, para o Estado de Minas Gerais é possível haver uma redução de até 15% no custo total do transporte de combustível. Os impactos dessa queda extrapolam uma simples questão setorial, afetando os preços locais de vários produtos e colaborando para o aumento da competitividade do Estado.

Certamente, os recortes feitos limitam a extrapolação dos resultados. Porém, se analisados junto de outros estudos setoriais já desenvolvidos, sinalizam para o grande potencial de contribuição das ferrovias para a desconcentração da matriz de transporte, bem como para a redução do congestionamento do sistema rodoviário.

Por outro lado, deve-se sempre ponderar a interface existente entre os resultados de modelos matemáticos e a realidade dos mercados. Pesquisas complementares poderiam aprofundar a análise e qualificar as conclusões aqui obtidas.

**Referências**

ANTT. Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Avaliação da demanda do transporte ferroviário de cargas no Brasil**. Brasília, 2007 (Projeto relativo ao Empréstimo N° BR-4.188/BIRD, referente ao Projeto de Restauração e Descentralização de Rodovias Federais-Acesso restrito).

AZEREDO, L. C. L. **Investimento em infra-estrutura no plano plurianual (PPA) 2004 – 2007: uma visão geral**. Brasília: IPEA, junho 2004. (Texto para Discussão 1024).

BULHÕES, R. **Análise da Competição entre os portos de Paranaguá e Santos para a movimentação de soja: aplicação de um modelo de equilíbrio espacial**. 1998. 108 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

BURNQUIST, H. L.; BACCHI, M. R. P. A demanda por gasolina no Brasil: uma análise utilizando técnicas de co-integração. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 40, 2002, Passo Fundo, RS. Equidade e Eficiência na Agricultura Brasileira, 2002.

CAIXETA-FILHO, J. V.; MACAULAY, T. G. A utilização de modelos de equilíbrio espacial para a avaliação econômica de políticas agrícolas: estudo de caso australiano. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, 27, São Paulo, 1989. **Anais do Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural**, São Paulo: Sober, 1989. p.232-245.

CANZIANI, J. R. F. Simulação sobre a implantação da indústria de suco concentrado de laranja no Estado do Paraná. 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior “Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CRAINIG, T. G.; LAPORTE, G. Planning models for freight transportation. **European Journal of Operational Research**, v. 97, p. 409-438, 1997.

FIGUEIREDO, R. Gargalos logísticos na distribuição de combustíveis brasileira. **Revista Tecnológica**, Rio de Janeiro, v.11, n. 126, p. 84-91, maio 2006.

FULLER, S.; RANDOLPH, P.; KLINEMAN, D. Optimal subindustry marketing organization: a network flow model. In: KOO, W. W.; LARSON, D. W. **Transportation Models for Agricultural Products**. Boulder: Westview Press, 1985. Cap.7.

GUARIM, I. **Análise da competitividade inter-regional da soja em grão no mercado brasileiro**. 1992. 116 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural ) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HESSE, M.; RODRIGUE, J.-P.. The transport geography of logistics and freight distribution. **Journal of Transport Geography**, Londres, v. 12, n. 3, p.171-184, 01 dez. 2004. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/jtrangeo](http://www.elsevier.com/locate/jtrangeo)>. Acesso em: 21 maio 2006.

LOPES, R. L. **Suinocultura no Estado de Goiás: aplicação de um modelo de localização**. 1997. 95 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada ) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.



MASCARENHAS, J. F. **A infraestrutura no Brasil em 2005**. Brasília: Conselho de Infra-estrutura (COINFRA), fev. 2005. Disponível em: < [www.cni.org.br/empauta/src/INFRA-ESTRUTURA.pdf](http://www.cni.org.br/empauta/src/INFRA-ESTRUTURA.pdf) >. Acesso em: 20 de março 2006.

OJIMA, A. L. R. O.; YAMAKAMI, A. Análisis of the logistical movement and competitiveness of soybean in the brazilian center-norte. **In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON AGRI-FOOD CHAIN/NETWORKS ECONOMICS AND MANAGEMENT**, 4, Ribeirão Preto, 2003. **Proceedings of...**, Ribeirão Preto, 2003.

POSTO DE COMBUSTÍVEIS & CONVENIÊNCIA. Rio de Janeiro: Fecombustíveis, n. 42, p. 64-65, 5 set. 2006.

RAMOS, S. Y. **Avaliação da localização de *packing-houses* no Estado de São Paulo: o caso da laranja de mesa**. 2001. 132 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ROPPA, B. F. **Evolução do consumo de gasolina no Brasil e suas elasticidades: 1973 a 2003**. 2005. 71 f. Monografia (Graduação em Economia) – Faculdade de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SAMUELSON, P. A. Spatial price equilibrium and linear program. **American Economic Review**, Stanford, v. 42, p. 283-303, 1952.

TAKAYAMA, T.; JUDGE, G. G., **Spatial and Temporal Price and Allocation Models**. Amsterdam: North Holland Publishing Co., 1971.

WAQUIL, P. D. Alocação ótima de produtos agropecuários no Mercosul: modelo de equilíbrio espacial com produtos intermediários. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília, v. 34, n. 1 e 2, 1996.