

# **A INTERDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE O ESTADO DE MINAS GERAIS E O RESTANTE DO BRASIL: UMA ANÁLISE INTER-REGIONAL DE INSUMO-PRODUTO**

Fernando Salgueiro Perobelli  
Coordenador do Mestrado em Economia Aplicada FEA/UFJF  
Faculdade de Economia e Administração  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Rogério Silva de Mattos  
Prof. Mestrado em Economia Aplicada FEA/UFJF  
Faculdade de Economia e Administração  
Universidade Federal de Juiz de Fora

Weslem Rodrigues Faria  
Bolsista de Iniciação Científica do CNPq  
Faculdade de Economia e Administração  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## **Resumo**

Este trabalho analisa as interações entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil com relação ao consumo de energia. A análise é feita usando-se um modelo inter-regional híbrido de insumo-produto por meio do qual são computadas medidas de intensidade de uso energético. Essas medidas permitem, por exemplo, avaliar o grau em que a produção de um setor de atividade dentro de Minas Gerais impacta o consumo de energia dentro e fora do estado. Também permitem avaliar o grau em que a produção de um setor de atividade no restante do Brasil (fora de Minas Gerais) impacta o consumo de energia dentro e fora do estado. A análise desenvolvida apresenta informações desagregadas para 14 setores de atividade, duas áreas espaciais (Minas Gerais e restante do Brasil) e 1 tipo de energia consumida (energia total), permitindo traçar um retrato refinado dos padrões de interações. Conclui-se que a metodologia provê informações para o gestor/planejador estadual no desenvolvimento de estratégias eficientes voltadas para garantir o suprimento de energia.

**Palavras-Chave:** insumo-produto; coeficientes de requerimento; modelo inter-regional.

**JEL Classification:** R15 e C67

# A INTERDEPENDÊNCIA ENERGÉTICA ENTRE O ESTADO DE MINAS GERAIS E O RESTANTE DO BRASIL: UMA ANÁLISE INTER-REGIONAL DE INSUMO-PRODUTO<sup>1</sup>

## 1. Introdução

A energia é um insumo de uso generalizado na economia e, em decorrência, sua indisponibilidade pode produzir efeitos econômicos adversos de curto e de longo prazo. A crise do racionamento de energia elétrica de 2001 constitui um exemplo disso: devido a um baixo volume de chuvas, o parque gerador de energia elétrica foi insuficiente para atender à demanda prevista e, como a instalação de novas usinas demanda elevados investimentos e longo prazo de maturação, o governo federal teve de introduzir um programa de racionamento. O efeito imediato desse racionamento foi a retração da produção e do nível de emprego (e.g., Torres e Almeida, 2003). Além disso, a escassez de energia também pode afetar o investimento agregado real da economia. Prevalecendo as incertezas sobre o suprimento adequado de energia, diversas decisões de investimento tendem a ser suspensas ou adiadas, deste modo comprometendo o crescimento econômico.

Para garantir o suprimento normal de energia, os agentes econômicos que atuam no setor de energia - órgãos de planejamento governamental, agências regulatórias e empresas fornecedoras - vêm realizando diversas ações, como intensificação das pesquisas voltadas para aumento de eficiência técnica e uso de fontes alternativas de energia, ampliação dos programas e campanhas de conservação de energia, buscas de aperfeiçoamento do aparato regulatório (como o lançamento do novo modelo regulatório para o setor elétrico em 2004; MME, 2004) e a elaboração de um plano decenal para ampliação da capacidade de geração de energia elétrica.

No caso específico da energia elétrica, a expansão de sua oferta e, portanto, a garantia de um suprimento em quantidade e qualidade deste insumo depende, segundo Torres e Almeida (2003), de ações em diversas frentes com a participação de: a) agentes privados – que desempenham um papel fundamental no montante investido no setor e b) agentes institucionais – que são responsáveis pela definição de políticas de desenvolvimento do setor, pelas questões inerentes ao planejamento de sua expansão e pelas atividades de regulação, concessão e licenciamento ambiental.

No planejamento dessas ações, diversos estudos precisam ser feitos. Do ponto de vista dos gestores e planejadores estaduais, um aspecto de interesse diz respeito à interdependência entre produção setorial e consumo espacial de energia. A avaliação por meios apropriados dessas interdependências pode proporcionar melhor compreensão dos problemas de atendimento da demanda de energia e conseqüentemente melhores condições para as atividades de gestão e planejamento, a nível estadual, do suprimento de energia.

Este artigo analisa as interações, em termos setorial e regional, entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil no que concerne ao consumo de energia. A análise é feita usando-se um modelo inter-regional híbrido de insumo-produto por meio da qual são computadas medidas de intensidade de uso energético, conhecidos como requerimentos de energia. Essas medidas permitem, por exemplo, avaliar o grau em que a produção de cada setor de atividade dentro de Minas Gerais impacta o consumo de energia dentro e fora do estado. Também permitem avaliar o grau em que a produção de cada setor de atividade no restante do Brasil (fora de Minas Gerais) impacta o consumo de energia dentro e fora do estado.

Embora a análise aqui desenvolvida focalize o consumo de energia de forma agregada, os resultados apresentados estão desagregados segundo 14 setores de atividade e duas áreas espaciais (Minas Gerais e

---

<sup>1</sup> Os autores agradecem o financiamento da FAPEMIG e do CNPq para a realização desta pesquisa.

restante do Brasil). Isso permitiu traçar um retrato relativamente refinado dos padrões de interações entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil no que concerne ao consumo de energia.

Além desta introdução, o artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 faz uma breve análise da estrutura de consumo de energia no Brasil e em Minas Gerais. A seção 3 apresenta a metodologia utilizada, isto é, o modelo inter-regional de insumo-produto construído a partir de uma tabela híbrida de insumo-produto e a extensão desse modelo para incorporação do setor de energia. A seção 4 descreve a base de dados utilizada. A seção 5 apresenta e a seção 6 discute os resultados empíricos obtidos. A seção 7 fecha o trabalho com algumas considerações finais.

## **2. O Consumo de Energia no Brasil e em Minas Gerais**

As tabelas 1 e 2 apresentam dados de evolução recente do consumo de energia no Brasil e em Minas Gerais, respectivamente. Os dados para Brasil, disponíveis até 2004, foram extraídos do Balanço Energético Nacional (MME, 2005) e os de Minas Gerais, disponíveis até 2003, do Balanço Energético de Minas Gerais (CEMIG, 2005). Os números estão apresentados em uma mesma unidade, isto é, em toneladas equivalente de petróleo (tep), para viabilizar adições e comparações. Tanto em Minas Gerais quanto no Brasil o consumo de energia vem aumentando nos últimos anos, respondendo ao crescimento da economia como um todo.

O consumo nacional de energia em 2004, reportado na tabela 1, chegou a cerca de 190 milhões de tep. As informações por fonte de energia indicam que esse consumo se concentra em óleo diesel (32,7 milhões) e eletricidade (30,9 milhões de tep), que juntos respondem por um terço do total. As informações por setor mostram que o setor de transportes (51,4 milhões) é o principal consumidor de energia no país, absorvendo cerca de 27% da energia consumida. Em seguida, vem o consumo residencial (21,4 milhões) e os setores de ferrogusa+aço (17,9 milhões) e alimentos+bebidas (17,6 milhões).

Os dados para o ano de 2003 reportados na tabela 2 indicam que o Estado de Minas Gerais responde por cerca de 13% (23,6 milhões) do consumo total de energia do país. A estrutura de consumo por fonte no estado é similar à do Brasil: há uma concentração em fontes energéticas como óleo diesel (3,7 milhões) e eletricidade (3,6 milhões), que juntas atendem a 30% do consumo do estado. Duas outras fontes importantes são lenha (3,1 milhões) e carvão vegetal (3,8 milhões). A estrutura de consumo por setor, no entanto, apresenta a peculiaridade de ser fortemente concentrada no setor siderúrgico, com a produção de ferro gusa e aço respondendo por 30% do consumo de energia do estado. Em seguida, vem o setor de transportes (5 milhões) e o consumo residencial (3,5 milhões).

**Tabela 1 - Evolução do Consumo Final de Energia no Brasil: 2002-2004**

Ano	2002	2003	2004
<b>Consumo Total</b>	178.160	182.114	191.128
<i><b>Por Fonte</b></i>			
Óleo diesel	31.521	30.885	32.657
Eletricidade	27.884	29.430	30.923
Bagaço de cana	17.495	19.355	20.273
Lenha	14.471	15.218	15.752
Outros	86.789	87.226	91.523
<i><b>Por Setor</b></i>			
Transportes	49.163	48.160	51.432
Residencial	20.681	20.902	21.357
Alimentos e bebidas	15.839	16.659	17.599
Ferro-Gusa e aço	15.729	16.701	17.945
Outros	76.747	79.693	82.795

OBS: Unidade: mil tep

Fonte: BEN (MME, 2005)

**Tabela 2 - Evolução do Consumo Final de Energia em Minas Gerais: 2001-2003**

Ano	2001	2002	2003
<b>Consumo Total</b>	22.381	23.037	23.596
<i><b>Por Fonte</b></i>			
Óleo diesel	3.750	3.742	3.742
Eletricidade	3.322	3.482	3.562
Lenha	3.235	3.200	3.095
Carvão Vegetal	2.775	2.913	3.771
Outros	9.299	9.700	9.426
<i><b>Por Setor</b></i>			
Transportes	5.154	5.119	5.048
Ferro-gusa e aço integrado	4.351	4.609	4.627
Residencial	3.735	3.688	3.541
Ferro-gusa não integrado	1.891	1.911	2.677
Outros	7.250	7.710	7.703

OBS: Unidade: mil tep

Fonte: BEEMG (CEMIG, 2005)

### 3. Metodologia

A análise de insumo-produto é frequentemente utilizada para se estudar as interdependências ou interações entre setores da economia de uma região ou país. O grau de interdependência pode ser avaliado através de medidas conhecidas como coeficientes de requerimento intersetorial. Esses coeficientes permitem avaliar, por exemplo, os impactos que mudanças na demanda final de um setor exerce sobre os demais setores da economia (Miller e Blair, 1985). Existem várias extensões possíveis da análise de insumo-produto, dentre as quais, de particular relevância para este trabalho, estão a hipótese de várias regiões e a incorporação do setor energético. A primeira permite o estudo das interações setoriais entre diversas regiões (Isard et al, 1998). Por exemplo, podem ser avaliados os impactos de mudanças na demanda final de um setor sobre todos os setores da mesma região e das demais regiões consideradas. A incorporação do setor energético é de interesse porque a produção de todos bens da economia envolve o consumo de pelo menos um insumo energético. Deste modo, a interdependência inter-setorial e inter-regional em termos do consumo de energia também pode ser medida e estudada. Esta seção descreve um

modelo de insumo-produto inter-regional com incorporação do setor de energia juntamente com as medidas de interdependência energética que foram calculadas e analisadas neste trabalho.

### 3.1 Modelo Inter-regional de Insumo-produto

O modelo inter-regional de insumo-produto (IR-IP) descreve os fluxos monetários de bens e serviços através da economia considerando diferentes regiões.

Nesse caso mais simples de uma economia dividida em duas regiões e  $n$  setores, o modelo IR-IP pode ser representado matematicamente em notação matricial como:

$$Zi_{2n} + Y = X \quad (1)$$

onde  $Z = \{z_{ij}\}$  é uma matriz  $2n \times 2n$  que representa a tabela de insumo-produto,  $i_{2n}$  é um vetor unitário (todos os seus elementos são iguais a 1) de ordem  $2n \times 1$ ,  $Y = \{y_j\}$  é um vetor  $2n \times 1$  cujos elementos são as demanda finais de ambas as regiões e  $X = \{x_j\}$  um vetor  $2n \times 1$  cujos elementos são as produções setoriais também de ambas as regiões.

Uma forma mais conveniente de se escrever a notação (1) é definir a matriz de coeficientes técnicos:

$$A = Z(\hat{X})^{-1} \quad (2)$$

onde  $\hat{X} = \text{diag}(X)$ . Cada elemento de  $A$  é definido, de modo geral, como  $a_{ij} = x_{ij}/x_j$  e corresponde à proporção de insumos do setor  $i$  necessária à produção de R\$ 1 de produto do setor  $j$ , sendo que as regiões do setor  $i$  e do setor  $j$  podem ser as mesmas ou não. Assim, os elementos de  $A$  são chamados de coeficientes de *requerimento direto* e se dividem em dois tipos:  $a_{ij}^{LL}$  e  $a_{ij}^{MM}$  são os coeficientes *intra-regionais* e  $a_{ij}^{LM}$  e  $a_{ij}^{ML}$  são os coeficientes *inter-regionais*. Isso permite que a matriz  $A$  possa ser particionada em quatro sub-matrizes:

$$A = \begin{bmatrix} A^{LL} & A^{LM} \\ A^{ML} & A^{MM} \end{bmatrix} \quad (3)$$

onde  $A^{LL}$  e  $A^{MM}$  são as matrizes de coeficientes intra-regionais e  $A^{LM}$  e  $A^{ML}$  as matrizes de coeficientes inter-regionais. O sistema (2) pode então ser re-escrito como:

$$AX + Y = X \quad (4)$$

de forma que após breve manipulação algébrica, obtém-se:

$$X = BY \quad (5)$$

onde  $B = (I - A)^{-1}$  corresponde à matriz de Leontief para o modelo IR-IP. Subtraindo-se de  $B$  a matriz identidade, obtém-se:

$$R = B - I$$

Onde  $R$  é uma matriz de coeficientes de *requerimento líquido total*<sup>2</sup>. Observe-se que essa matriz também pode ser particionada em quatro submatrizes:

$$R = \begin{bmatrix} R^{LL} & R^{LM} \\ R^{ML} & R^{MM} \end{bmatrix} \quad (6)$$

onde  $R^{LL}$  e  $R^{MM}$  são matrizes de coeficientes intra-regionais e  $R^{LM}$  e  $R^{ML}$  são matrizes de coeficientes inter-regionais. Também é possível definir-se a matriz de coeficientes de *requerimento indireto*:

<sup>2</sup> A subtração da matriz identidade aqui tem o papel de extrair da matriz  $B$ , os requerimentos iniciais produzidos pela demanda final de cada setor. Com isso, elimina-se certos problemas de comparação dos requerimentos diretos e indiretos entre os setores (ver Miller e Blair, 1985).

$$Q = R - A = \begin{bmatrix} Q^{LL} & Q^{LM} \\ Q^{ML} & Q^{MM} \end{bmatrix} \quad (7)$$

onde  $Q^{LL}$  e  $Q^{MM}$  são matrizes de coeficientes intra-regionais e  $Q^{LM}$  e  $Q^{ML}$  são matrizes de coeficientes inter-regionais.

As matrizes  $A$ ,  $R$  e  $Q$  provêm informações numéricas sobre o grau de dependência/interação direta, total e indireta das atividades produtivas entre setores e regiões, respectivamente. Os coeficientes da matriz  $A$  de requerimentos diretos de energia provêm informações sobre os efeitos de primeira, enquanto a matriz  $Q$  de requerimentos indiretos de energia capta os efeitos de ordem posterior de uma mudança da demanda final.

### 3.2 Incorporação do Setor de Energia

Esta seção apresenta uma extensão do modelo inter-regional de insumo-produto para incorporação do setor de energia. Existem diferentes formas de se fazer essa extensão e a abordagem utilizada neste trabalho se baseia na construção de uma tabela híbrida de insumo-produto. Essa abordagem foi usada por vários autores como Miller e Blair (1985), Gowdy e Miller (1987), Machado (2002) e Hilgemberg (2004).

A idéia básica é incluir uma linha e uma coluna (para cada região) representando o setor energético na tabela de insumo-produto  $Z$ . A linha corresponde às vendas do setor de energia para os outros setores, com a característica de que essas vendas são medidas em unidades físicas. A coluna representa as compras do setor de energia aos outros setores com essas compras medidas em unidades monetárias. Assim, essa tabela expandida de insumo-produto apresentará fluxos econômicos expressos em unidades híbridas, ou seja, com algumas transações intersetoriais representadas em valores monetários e outras em unidades físicas.

Segundo Bullard e Herendeen (1975), Miller e Blair (1985) e Casler e Blair (1997), o modelo de insumo-produto em unidades híbridas é a formulação mais consistente para aplicação de modelos de insumo-produto de natureza físico-econômica envolvendo uso de energia<sup>3</sup>.

Hawdon e Pearson (1995) e Zhang e Folmer (1998) apontam algumas vantagens no uso da estrutura de insumo-produto para analisar questões relativas ao setor energético: a) permite uma desagregação setorial maior do que os modelos de otimização dinâmica e os modelos macroeconômicos; b) permite a incorporação de fluxos de energia intersetoriais tanto em termos físicos quanto monetários e c) possibilita implementar análises de impacto. Entretanto, esses modelos também apresentam algumas limitações, quais sejam: a) coeficientes fixos de insumo-produto; b) retornos constantes de escala e c) demanda final determinada exogenamente. É importante salientar que tais limitações não invalidam os resultados do modelo.

Considere a notação matricial em (1) re-escrita da seguinte forma:

$$Z^* i_{2(n+1)} + Y^* = X^* \quad (8)$$

onde:

<sup>3</sup> O modelo em de insumo-produto unidades híbridas construído por Bullard e Herendeen (1975) objetivava superar os problemas e limitações apresentados ao modelo de impactos totais dos coeficientes diretos sobre a matriz inversa de Leontief.

$$Z^* = \begin{bmatrix} Z^{LL} & Z^{LM} \\ e^{LL} & e^{LM} \\ Z^{ML} & Z^{MM} \\ e^{ML} & e^{MM} \end{bmatrix}, \quad Y^* = \begin{bmatrix} Y^L \\ e_Y^L \\ Y^M \\ e_Y^M \end{bmatrix} \quad \text{e} \quad X^* = \begin{bmatrix} X^L \\ e_X^L \\ X^M \\ e_X^M \end{bmatrix}$$

Note-se que  $Z^*$  representa uma tabela de insumo-produto híbrida. As submatrizes  $Z^{LL}$  e  $Z^{MM}$ , referentes às transações setoriais intra-regionais, e as submatrizes  $Z^{LM}$  e  $Z^{ML}$ , referentes às transações setoriais inter-regionais, apresentam elementos medidos em unidades monetárias; por sua vez, os vetores  $e^{LL}$  e  $e^{MM}$ , referentes às transações setoriais intra-regionais de energia, e os vetores  $e^{LM}$  e  $e^{ML}$ , referentes às transações setoriais inter-regionais de energia, são medidos em unidades físicas. Os componentes  $Y^L$ ,  $Y^M$ ,  $X^L$  e  $X^M$  são vetores  $n \times 1$  contendo as demandas finais e os produtos setoriais, respectivamente, nas regiões  $L$  e  $M$ .

Definindo-se  $\hat{X}^* = \text{diag}(X^*)$ , é possível construir-se uma matriz híbrida de coeficientes de requerimento direto como:

$$A^* = Z^* (\hat{X}^*)^{-1} \quad (9)$$

o que, por sua vez, permite re-escrever (8) como:

$$A^* X^* + Y^* = X^*$$

Após breve manipulação algébrica, obtém-se:

$$X^* = B^* Y^* \quad (10)$$

onde  $B^* = (I - A^*)^{-1}$ . É possível, então, construir-se uma matriz híbrida de coeficientes de requerimento líquido total como:

$$R^* = B^* - I^*$$

onde  $I^*$  é a matriz identidade  $2(n+1) \times 2(n+1)$ .

Neste trabalho, o interesse se centra na estrutura de dependência intra e inter-regional em termos do setor energético, de modo que o interesse é extrair tanto da matriz  $A^*$  como da matriz  $R^*$  apenas as informações de requerimento relativas ao setor de energia. Para isso, define-se primeiramente a seguinte matriz composta apenas por zeros e uns:

$$U = \begin{bmatrix} \mathbf{0}^{LL} & \mathbf{0}^{LM} \\ i'_{n+1} & i'_{n+1} \\ \mathbf{0}^{ML} & \mathbf{0}^{MM} \\ i'_{n+1} & i'_{n+1} \end{bmatrix} \quad (11)$$

$$V = \begin{bmatrix} i'_{n+1} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & i'_{n+1} \end{bmatrix} \quad (12)$$

Na matriz  $U$ , as submatrizes ' $\mathbf{0}$ ', de elementos nulos, têm o papel de eliminar dos cálculos posteriores as informações de requerimento dos setores não energéticos em ambas as regiões; por sua vez, o elemento  $i'_{n+1}$  representa um vetor unitário de ordem  $(n+1) \times 1$  e a presença de quatro desses vetores na matriz  $U$  tem o papel de incorporar as informações de requerimentos do setor energético nos cálculos posteriores. A matriz  $V$  é usada apenas para compactar as matrizes de resultados.

É possível, então, calcular-se os requerimentos intra e inter-regionais de energia por setor conforme:

$$\Pi = V(U \circ A^*) \quad (13)$$

$$\Lambda = V(U \circ R^*) \quad (14)$$

$$P = \Lambda - \Pi \quad (15)$$

Nas expressões acima, o símbolo ‘o’ representa produto matricial elemento a elemento.  $\Pi$ ,  $\Lambda$  e  $P$  são matrizes  $2 \times 2(n+1)$  que representam, respectivamente, requerimentos diretos, totais e indiretos de energia. Cada uma dessas matrizes pode ser particionada em quatro sub-vetores, cada um de ordem  $1 \times (n+1)$ , representando os requerimentos intra e inter-regionais:

$$\Pi = \begin{bmatrix} \pi^{LL} & \pi^{LM} \\ \pi^{ML} & \pi^{MM} \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$\Lambda = \begin{bmatrix} \lambda^{LL} & \lambda^{LM} \\ \lambda^{ML} & \lambda^{MM} \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$P = \begin{bmatrix} \rho^{LL} & \rho^{LM} \\ \rho^{ML} & \rho^{MM} \end{bmatrix} \quad (18)$$

Assim, as matrizes  $\Pi$ ,  $\Lambda$  e  $P$  provêm informações numéricas sobre a estrutura de dependência/interação direta, total e indireta, respectivamente, existente entre os setores de forma intra e inter-regional e em termos do consumo de energia.

#### 4. Base de Dados

A base de dados necessária para implementação do modelo de insumo-produto em unidades híbridas é formada por dois tipos de dados: a) matriz de insumo-produto e b) balanço energético. O presente trabalho fez uso da matriz inter-regional de insumo-produto de Minas Gerais x restante do Brasil (BDMG e FIPE, 2002) e dos dados de uso setorial de energia, disponíveis no Balanço Energético Nacional de 2005 com base no ano de 2004 (MME, 2005) e no 19º Balanço Energético do Estado de Minas Gerais (BEEMG) com base no de 2003 (CEMIG, 2005). Como o presente trabalho utiliza matrizes de insumo-produto do ano de 1996, somente as informações deste ano foram usadas.

É importante salientar que a agregação setorial da matriz de insumo-produto para o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil é diferente da estrutura setorial apresentada nos balanços energéticos de ambas regiões. Portanto, o primeiro passo dado foi a compatibilização setorial. A matriz inter-regional de insumo-produto Minas Gerais x restante do Brasil estava estruturada para 40 setores e o balanço energético tanto nacional quanto de Minas Gerais fornece dados desagregados de consumo de energia para 20 setores. A compatibilização levou a uma matriz com 14 setores (ver Anexo).



## 5. Análise dos resultados

O modelo de IR-IP descrito na seção 3 permite computar informações bastante desagregadas sobre os padrões setoriais de interação energética entre Minas Gerais e o restante do Brasil. Podem ser computados para cada região os requerimentos totais intra e inter-regionais, podendo esses ser divididos em diretos e indiretos. A seqüência dos procedimentos de desagregação ainda pode ser feita de diferentes maneiras, segundo o interesse particular da análise que se deseja fazer.

Nesta seção, apresenta-se uma análise apenas para o comportamento dos requerimentos totais de energia (matriz  $\Lambda$  da equação 18), considerando-se a desagregação desses requerimentos em intra e inter-regionais e, posteriormente, em seus respectivos componentes direto e indireto. O quadro obtido, embora parcial, proporciona uma visão útil das interações setoriais/espaciais do consumo de energia e ilustra a potencialidade da metodologia para análises mais desagregadas e extensas.

Os resultados numéricos são analisados em duas partes. Na primeira, são estudados os requerimentos líquidos totais por setor e sua decomposição em requerimentos intra e inter-regionais para Minas Gerais e restante do Brasil. Na segunda, os vetores de requerimento setorial intra e inter-regionais são estudados em termos de sua divisão em requerimentos diretos e indiretos. Vale observar que os requerimentos inter-regionais de energia são considerados sob a ótica das vendas; isto é, o requerimento inter-regional de Minas Gerais refere-se às vendas de energia feitas por esse estado ao restante do Brasil. Por sua vez, o requerimento inter-regional do restante do Brasil refere-se às vendas de energia feitas por essa região ao Estado de Minas Gerais.

### 5.1. Requerimentos líquidos totais

A tabela 3 apresenta, para cada região, os valores numéricos dos requerimentos líquidos totais absolutos intra e inter-regionais para 14 setores de atividade. Para uma melhor visualização desses dados, foram elaborados gráficos de barras. No gráfico 1, referente à Minas Gerais, os requerimentos intra-regionais indicam um montante destacado para o setor Ferro + Aço (0,38), que vem seguido pelos setores Transporte (0,22), Energético (0,18) e Outras Indústrias (0,14). Os requerimentos inter-regionais (pressão do restante do Brasil sobre Minas Gerais), por sua vez, apresentam patamares bem mais baixos, com destaque para os setores Energético (0,16), Transporte (0,10), Outras Indústrias (0,10) e Alimentos + Bebidas (0,10).

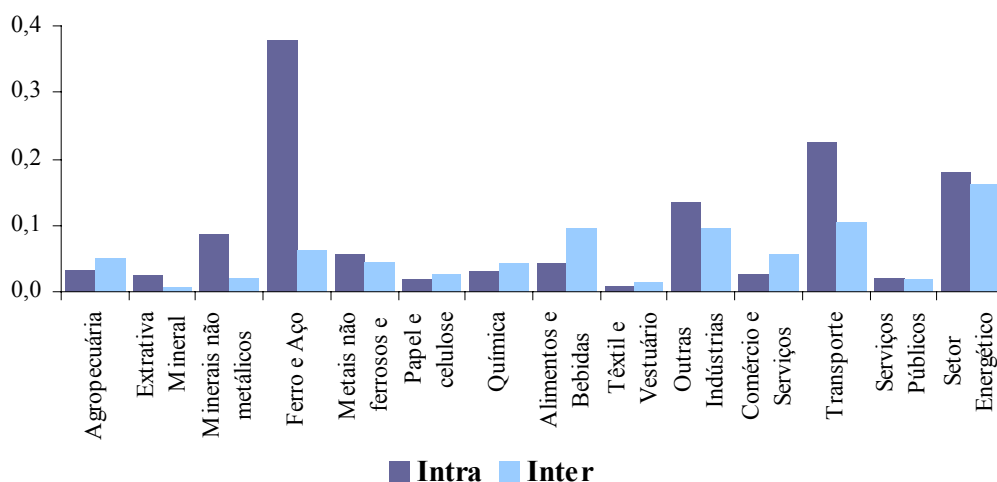
No caso dos requerimentos intra-regionais do restante do Brasil, o gráfico 2 apresenta em destaque o setor de Transportes (0,44), seguido pelos setores Energético (0,27), Alimentos + Bebidas (0,21), Outras Indústrias (0,18) e Comércio + Serviços (0,14). Os requerimentos inter-regionais (pressão de Minas Gerais sobre o restante do Brasil), por sua vez, apresentam patamares muito pequenos viz a viz os inter-regionais, com algum destaque aparecendo apenas para o setor de Ferro e Aço (0,05).

**Tabela 3 - Requerimento líquido total de energia**

	<b>Setores</b>	<b>Intra</b>	<b>Inter</b>
Minas Gerais	1 - Agropecuária	0,0336	0,0500
	2 - Extrativa Mineral	0,0232	0,0068
	3 - Minerais não metálicos	0,0860	0,0201
	4 - Ferro e Aço	0,3779	0,0643
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	0,0561	0,0441
	6 - Papel e celulose	0,0187	0,0264
	7 - Química	0,0289	0,0408
	8 - Alimentos e Bebidas	0,0407	0,0961
	9 - Têxtil e Vestuário	0,0099	0,0156
	10 - Outras Indústrias	0,1358	0,0971
	11 - Comércio e Serviços	0,0260	0,0563
	12 - Transporte	0,2245	0,1047
	13 - Serviços Públicos	0,0211	0,0188
	14 - Setor Energético	0,1798	0,1613
Restante do Brasil	1 - Agropecuária	0,1100	0,0067
	2 - Extrativa Mineral	0,0203	0,0027
	3 - Minerais não metálicos	0,0617	0,0057
	4 - Ferro e Aço	0,1097	0,0453
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	0,0700	0,0084
	6 - Papel e celulose	0,0700	0,0022
	7 - Química	0,1072	0,0045
	8 - Alimentos e Bebidas	0,2109	0,0070
	9 - Têxtil e Vestuário	0,0272	0,0013
	10 - Outras Indústrias	0,1842	0,0198
	11 - Comércio e Serviços	0,1421	0,0046
	12 - Transporte	0,4372	0,0247
	13 - Serviços Públicos	0,0558	0,0036
	14 - Setor Energético	0,2652	0,0252

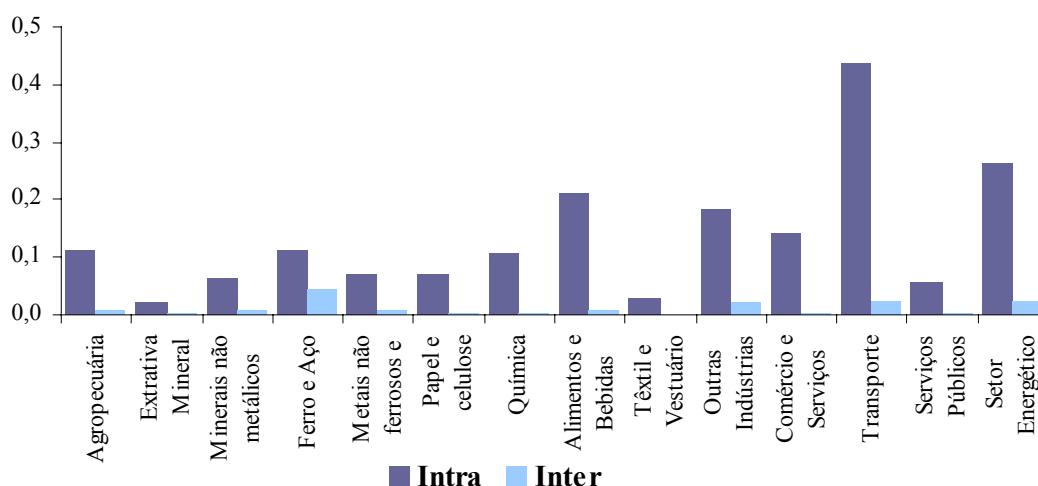
Fonte: Elaborado pelos autores

**Gráfico 1 - Requerimento total líquido de energia do setor energético de Minas Gerais**



Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 2 – Requerimento total líquido de energia do setor energético do restante do Brasil**



Fonte: dados da pesquisa.

### 5.2 Decomposição regional dos requerimentos líquidos

A tabela 4 apresenta em valores percentuais a decomposição dos requerimentos líquidos totais em seus componentes intra- e inter-regional. Os gráficos 3 e 4 proporcionam uma visualização desses dados. Em Minas Gerais, os efeitos inter-regionais possuem um peso mais expressivo por setor do que no caso do restante do Brasil. Naquele estado, o menor percentual de requerimento inter-regional ocorre para o setor Ferro e Aço (14,5%) e o maior, por sua vez, ocorre para o setor Alimentos + Bebidas (70,2%). No restante do Brasil, os percentuais de efeitos inter-regionais variam de 3,1%, para os setores Papel+Celulose e Comércio+Serviços, até um máximo de 29,2% para o setor Ferro e Aço.

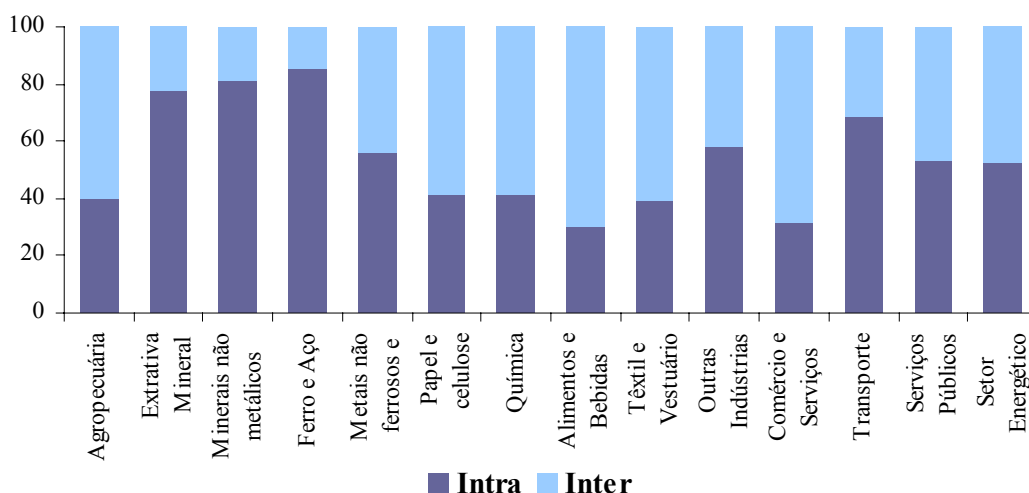
Esse aspecto indica, naturalmente, uma maior influência do restante do Brasil pressionando o setor de energia em Minas Gerais do que o contrário. Mas é válido observar no gráfico 3 que o peso de Minas Gerais (requerimentos inter-regionais) na demanda sobre o setor de energia do restante do Brasil não é desprezível, sobretudo ao se considerar que existem outros 26 estados na federação.

**Tabela 4 - Participação intra e inter-regional no requerimento líquido total de energia**

Setores		Intra	Inter
Minas Gerais	1 - Agropecuária	40,2	59,8
	2 - Extrativa Mineral	77,4	22,6
	3 - Minerais não metálicos	81,0	19,0
	4 - Ferro e Aço	85,5	14,5
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	56,0	44,0
	6 - Papel e celulose	41,5	58,5
	7 - Química	41,5	58,5
	8 - Alimentos e Bebidas	29,8	70,2
	9 - Têxtil e Vestuário	38,8	61,2
	10 - Outras Indústrias	58,3	41,7
	11 - Comércio e Serviços	31,5	68,5
	12 - Transporte	68,2	31,8
	13 - Serviços Públicos	52,8	47,2
	14 - Setor Energético	52,7	47,3
Restante do Brasil	1 - Agropecuária	94,2	5,8
	2 - Extrativa Mineral	88,1	11,9
	3 - Minerais não metálicos	91,5	8,5
	4 - Ferro e Aço	70,8	29,2
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	89,3	10,7
	6 - Papel e celulose	96,9	3,1
	7 - Química	96,0	4,0
	8 - Alimentos e Bebidas	96,8	3,2
	9 - Têxtil e Vestuário	95,5	4,5
	10 - Outras Indústrias	90,3	9,7
	11 - Comércio e Serviços	96,9	3,1
	12 - Transporte	94,7	5,3
	13 - Serviços Públicos	93,9	6,1
	14 - Setor Energético	91,3	8,7

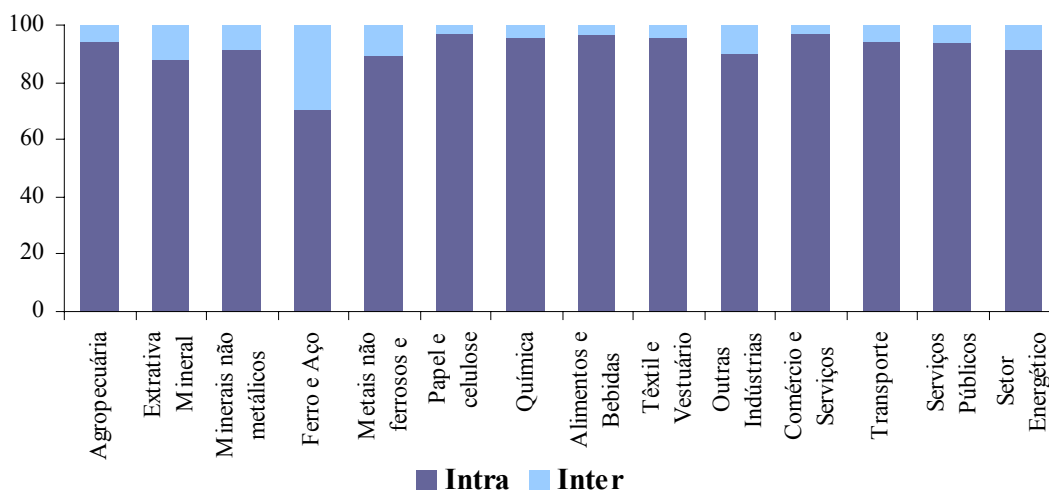
Fonte: Elaborado pelos autores

**Gráfico 3 – Participação intra e inter-regional no requerimento líquido total de energia em Minas Gerais**



Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 4 – Participação intra e inter-regional no requerimento líquido total de energia no restante do Brasil**



Fonte: dados da pesquisa.

### 5.3 Componentes direto e indireto dos requerimentos

Esta sub-seção analisa a composição dos requerimentos regionais (intra ou inter) em termos de efeitos diretos e indiretos produzidos sobre os setores de energia das regiões estudadas. Quanto menor a relação *requerimentos diretos versus indiretos*, maior o poder de multiplicação que a atividade de um dado setor exerce sobre o consumo de energia dentro de uma região. Setores com alto peso na demanda de energia da região e que ao mesmo tempo apresentam uma baixa relação requerimentos diretos versus indiretos tendem a produzir as mais fortes pressões de demanda sobre o setor de energia da região. Em um outro extremo, estariam setores com baixo peso na demanda de energia da região e com alta relação requerimentos diretos versus indiretos, que, neste caso, produziriam pequenas pressões sobre o setor de energia da região. Entre ambos os extremos, configuram-se setores com graus variados, intermediários, de importância na pressão que exercem. Essa perspectiva se aplica tanto quando se foca os requerimentos intra- como os inter-regionais.

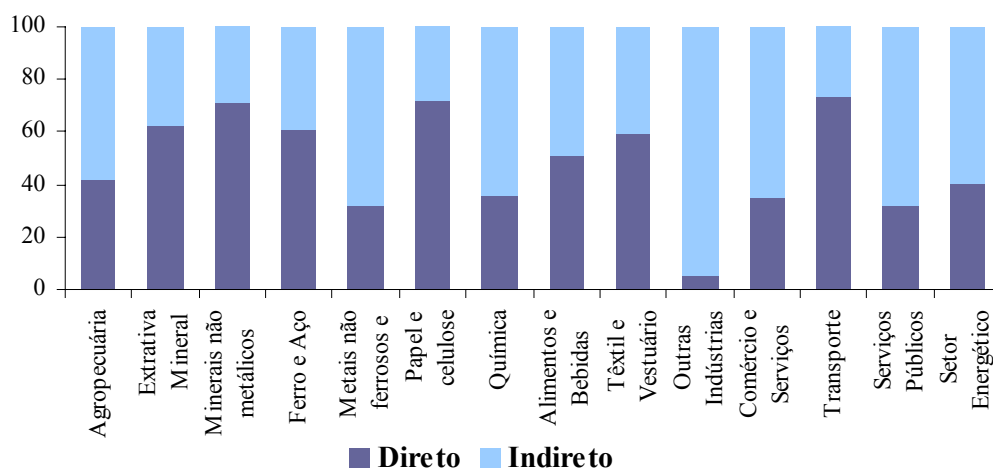
A tabela 5 apresenta a decomposição percentual dos requerimentos intra-regionais em seus componentes direto e indireto. Os gráficos 5 e 6 apresentam a visualização desses dados. A estrutura setorial dos requerimentos em termos da composição direto-indireto se mostra bastante diversificada por setor tanto em Minas Gerais como no restante do Brasil. Para Minas, há um setor com participação dos efeitos diretos abaixo de 6% (Outras Indústrias) e três setores com participação acima de 70% (Minerais Não-Metálicos, Papel+Celulose e Transporte). Vale observar para esse estado que o setor Outras Indústrias, que tem peso significativo no consumo total de energia do estado, apresenta uma baixíssima relação requerimentos diretos versus indiretos, indicando que exerce forte pressão sobre o setor de energia de Minas Gerais.

**Tabela 5 - Participação percentual no requerimento líquido total intra-regional de energia**

Setores		Direto	Indireto	Total
Minas Gerais	1 - Agropecuária	41,7	58,3	100
	2 - Extrativa Mineral	62,7	37,3	100
	3 - Minerais não metálicos	70,9	29,1	100
	4 - Ferro e Aço	61,3	38,7	100
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	31,7	68,3	100
	6 - Papel e celulose	71,6	28,4	100
	7 - Química	35,9	64,1	100
	8 - Alimentos e Bebidas	51,3	48,7	100
	9 - Têxtil e Vestuário	59,5	40,5	100
	10 - Outras Indústrias	5,3	94,7	100
	11 - Comércio e Serviços	35,1	64,9	100
	12 - Transporte	73,2	26,8	100
	13 - Serviços Públicos	31,7	68,3	100
	14 - Setor Energético	40,5	59,5	100
Restante do Brasil	1 - Agropecuária	47,6	52,4	100
	2 - Extrativa Mineral	48,6	51,4	100
	3 - Minerais não metálicos	51,2	48,8	100
	4 - Ferro e Aço	56,7	43,3	100
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	39,2	60,8	100
	6 - Papel e celulose	52,6	47,4	100
	7 - Química	35,7	64,3	100
	8 - Alimentos e Bebidas	40,6	59,4	100
	9 - Têxtil e Vestuário	27,0	73,0	100
	10 - Outras Indústrias	17,5	82,5	100
	11 - Comércio e Serviços	19,0	81,0	100
	12 - Transporte	72,4	27,6	100
	13 - Serviços Públicos	33,6	66,4	100
	14 - Setor Energético	32,4	67,6	100

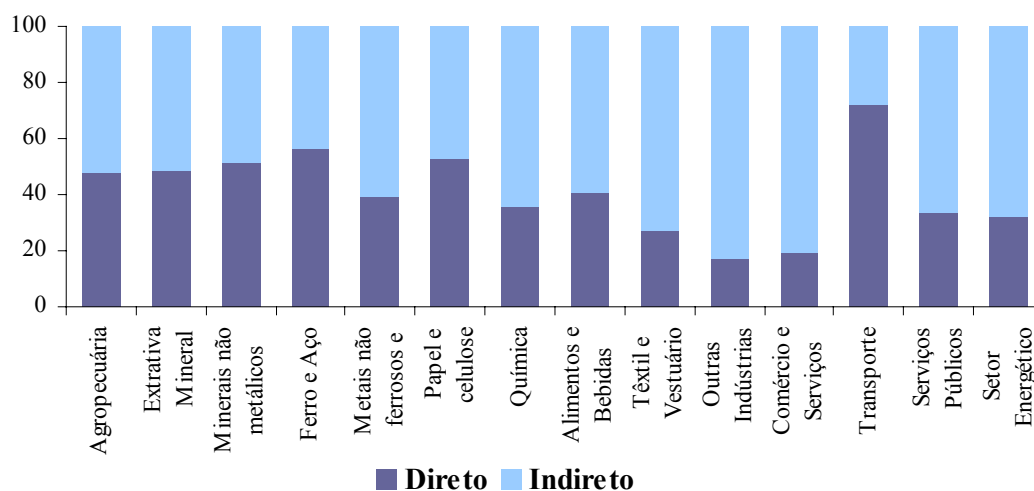
Fonte: Elaborado pelos autores

**Gráfico 5 - Minas Gerais: Participação percentual setorial no requerimento líquido total intra-regional**



Fonte: dados da pesquisa.

**Gráfico 6 - Restante do Brasil: Participação percentual setorial no requerimento líquido total intra-regional**



Fonte: dados da pesquisa.

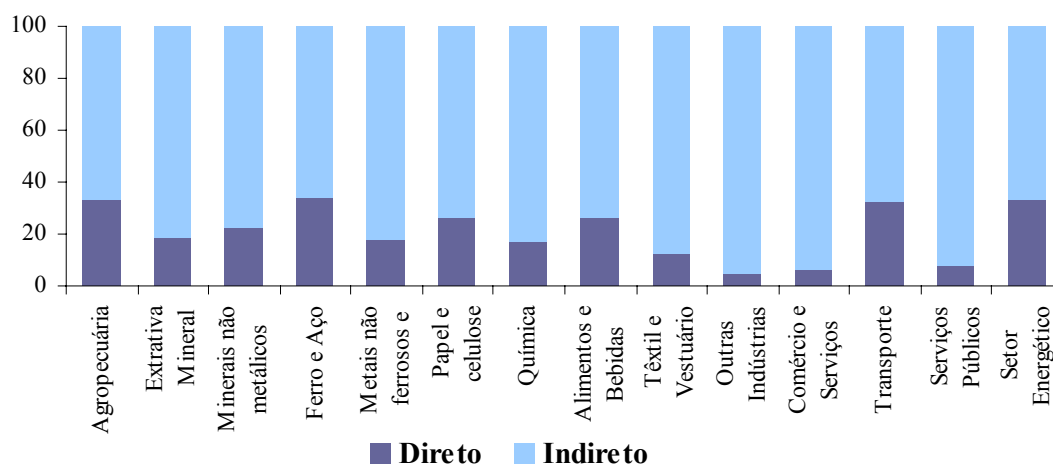
Para o restante do Brasil, há dois setores com participação dos requerimentos intra-regionais diretos abaixo de 20% (Outras Indústrias e Comércio+Serviços) e apenas um setor com participação acima de 70% (Transporte). Aqui também se observa uma baixa relação requerimentos diretos versus indiretos para o setor Outras Indústrias, que apresenta um peso elevado no consumo total de energia do restante do Brasil e, logo, exerce forte pressão sobre o setor de energia dessa região.

A tabela 6 apresenta, por sua vez, a decomposição percentual dos requerimentos inter-regionais em seus componentes direto e indireto. Os gráficos 7 e 8 apresentam a visualização desses dados. Note-se que os percentuais de requerimentos diretos em média são menores do que os efeitos intra-regionais (tabela 5; gráficos 5 e 6) e que a distribuição por setor é significativamente diferente. Note-se também que as relações requerimentos diretos versus indiretos são ainda menores (tanto para Minas Gerais quanto para o restante do Brasil) indicando um maior poder de multiplicação dos efeitos das atividades setoriais. Embora mais evidente no caso de Minas Gerais, isso também é válido no caso do restante do Brasil. No caso de Minas Gerais, destacam-se os setores Outras Indústrias (4,8%), Comércio+Serviços (6,2%) e Serviços Públicos (8%).

**Tabela 6 - Participação percentual no requerimento líquido total inter-regional de energia**

Setores		Direto	Indireto	Total
Minas Gerais	1 - Agropecuária	33,2	66,8	100
	2 - Extrativa Mineral	18,4	81,6	100
	3 - Minerais não metálicos	22,0	78,0	100
	4 - Ferro e Aço	34,2	65,8	100
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	17,7	82,3	100
	6 - Papel e celulose	26,1	73,9	100
	7 - Química	16,6	83,4	100
	8 - Alimentos e Bebidas	25,9	74,1	100
	9 - Têxtil e Vestuário	12,1	87,9	100
	10 - Outras Indústrias	4,8	95,2	100
	11 - Comércio e Serviços	6,2	93,8	100
	12 - Transporte	32,5	67,5	100
	13 - Serviços Públicos	8,0	92,0	100
	14 - Setor Energético	32,9	67,1	100
Restante do Brasil	1 - Agropecuária	19,5	80,5	100
	2 - Extrativa Mineral	37,2	62,8	100
	3 - Minerais não metálicos	37,3	62,7	100
	4 - Ferro e Aço	36,7	63,3	100
	5 - Metais não ferrosos e outras metalurgias	15,1	84,9	100
	6 - Papel e celulose	43,8	56,2	100
	7 - Química	16,6	83,4	100
	8 - Alimentos e Bebidas	21,7	78,3	100
	9 - Têxtil e Vestuário	33,2	66,8	100
	10 - Outras Indústrias	2,1	97,9	100
	11 - Comércio e Serviços	14,6	85,4	100
	12 - Transporte	48,6	51,4	100
	13 - Serviços Públicos	13,3	86,7	100
	14 - Setor Energético	20,2	79,8	100

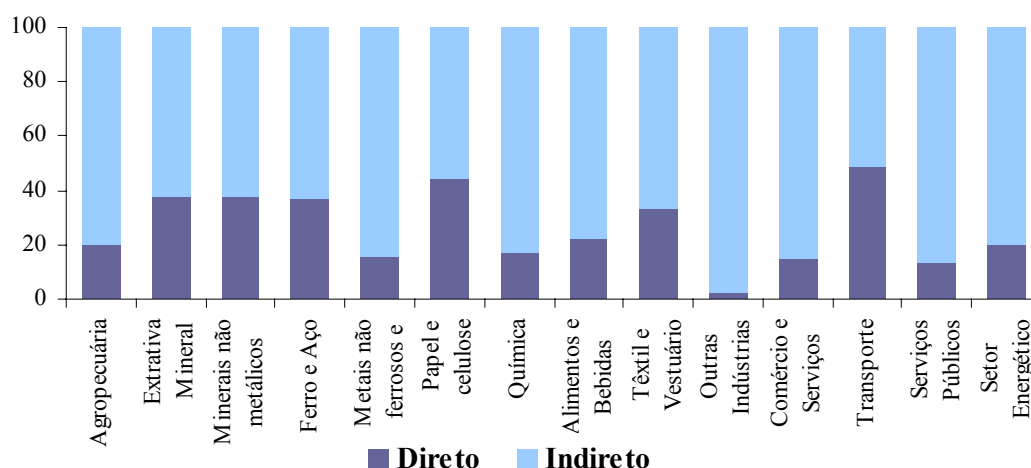
Fonte: Elaborado pelos autores

**Gráfico 7 - Minas Gerais: Participação percentual setorial no requerimento líquido total inter-regional**

Fonte: dados da pesquisa.



**Gráfico 8 - Restante do Brasil: Participação percentual setorial no requerimento líquido total inter-regional**



Fonte: dados da pesquisa.

## 6. Discussão

A metodologia aplicada na seção anterior pode ser útil para subsidiar as atividades de gestão e planejamento do suprimento de energia. Do ponto de vista dos gestores/planejadores que atuam em âmbito nacional, a aplicação aqui feita é limitada porque foca-se a relação com um único estado, no caso o de Minas Gerais. No entanto, mesmo nesse âmbito, importantes aplicações podem ser feitas, pois na verdade o ideal para o gestor/planejador nacional seria aplicá-la em bloco para todos os estados da Federação, ou então para todas as principais regiões consumidoras de energia. Esse tipo de análise poderia desvelar uma teia de complexas interações energéticas setoriais/espaciais entre várias regiões no espaço brasileiro, fornecendo assim melhores bases para a gestão e o planejamento nacional do suprimento de energia.

Sob a ótica dos gestores e planejadores estaduais em Minas Gerais, a metodologia proporcionou resultados imediatos. Ela permitiu visualizar as pressões sobre o setor de energia de Minas Gerais separando aquelas que se originam de atividades setoriais dentro do próprio estado daquelas que se originam de fora do Estado. Os resultados obtidos e comentados na seção anterior merecem aqui algumas considerações mais específicas.

Na grande maioria, os setores econômicos dentro de Minas Gerais exercem maior pressão sobre o setor de energia do estado do que os respectivos setores econômicos fora do estado. A análise comparativa dos requerimento intra- e inter-regionais indicou que, dentro de Minas Gerais, os setores Ferro e Aço, Transporte, Energético e Outras Indústrias apresentam um peso significativo no consumo de energia dentro do estado. Porém, embora o setor Outras Indústrias, em particular, se mostre o último da lista dos setores importantes, a sua baixa relação requerimentos diretos versus indiretos indica que o mesmo exerce pressões potenciais mais significativas do que aparenta sobre o setor de energia no estado.

Como apontado, os setores situados fora de Minas Gerais que possuem maior peso na demanda sobre o setor de energia do estado são Energético, Transporte, Outras Indústrias, e Ferro e aço (gráfico 1). Esses setores também apresentam uma baixa relação requerimentos diretos versus indiretos, sobretudo o setor Outras Indústrias (tabela 5; gráfico 7).

Do ponto de vista da gestão (curto e médio prazos) do suprimento de energia pelo Estado de Minas Gerais, os resultados indicam que um cuidado maior, em termos do acompanhamento conjuntural, dever ser dispensado a esse conjunto destacado de setores (dentro e fora do estado). Do ponto de vista do planejamento a longo prazo do fornecimento de energia pelo estado, o desenho de políticas setoriais e as estratégias de negociação de recursos e ações com o governo federal devem considerar a magnitude das pressões que esses setores exercem sobre o setor de energia em Minas Gerais.

## 7. Considerações finais

Este artigo analisou, de forma agregada, as interações energéticas entre o Estado de Minas Gerais e o restante do Brasil. Para tanto, foi utilizado um modelo inter-regional de insumo-produto com incorporação de um setor de energia. O modelo foi construído a partir de uma tabela híbrida de insumo-produto regional, onde as informações de vendas do setor de energia aos demais setores foram registradas em unidades físicas (tep) e não monetárias.

A metodologia permitiu identificar os setores mais relevantes, dentro e fora do Estado de Minas Gerais, para a demanda de energia que incide sobre o setor energético de Minas Gerais. Essa identificação foi feita a partir dos coeficientes de requerimento de energia intra- e inter-regionais do modelo inter-regional e também com base nas relações de requerimentos diretos versus indiretos presentes na decomposição daqueles coeficientes. Dessa forma, a metodologia proporcionou informações relevantes para subsidiar a gestão e a formulação de políticas voltadas para garantir o suprimento adequado de energia por parte do planejador estadual.

Apesar de a metodologia ter permitido traçar um retrato relativamente refinado das interações energéticas entre Minas Gerais e o restante do Brasil, uma vez que foram analisados 14 setores de atividade em duas regiões espaciais, é possível avançar bastante com ela em termos de detalhamentos e desagregações, o que abre interessantes perspectivas para estudos futuros. Por exemplo, o setor de energia pode ser desagregado por tipo de energia produzida (petróleo, gás natural, eletricidade, carvão mineral e vegetal, etc.) e também é possível incorporar-se um maior número de regiões/estados no modelo inter-regional. Esses esforços de pesquisa podem ser frutíferos em trazer informações mais relevantes tanto para os planejadores regionais/estaduais como para o próprio planejador nacional. Os ganhos decorrentes serão subsídios de informação para uma gestão mais eficiente do suprimento de energia pela sociedade com a conseqüente diminuição dos riscos de se comprometer o crescimento econômico.

## Referências Bibliográficas

- BDMG e FIPE/USP (2002). *Matriz inter-regional de insumo-produto para Minas Gerais/restante do Brasil*. Belo Horizonte.
- Bullard, C. W e Herendeen, R. A (1975). The energy cost of goods and services. *Energy Policy*, 3 (4): 268-278.
- Casler, S. D e Blair, P. D (1997). Economic structure, fuel combustion, and pollution emissions, *Ecological Economics*, 22: 19-27.
- CEMIG (2005). Balanço Energético do Estado de Minas Gerais, [www.cemig.com.br](http://www.cemig.com.br)
- Gowdy, J. M. e Miller, J. L. (1987). **Technological and Demand Change in Energy Use: An Input-Output Analysis**. *Environment and Planning A*, 19 (10): 1387-1398.
- Hilgemberg, E. M. (2004). **Quantificação e Efeitos Econômicos do Controle de Emissões de CO<sub>2</sub> Decorrentes do Uso de Gás Natural, Álcool e Derivados de Petróleo no Brasil: Um modelo Inter-**

**regional de Insumo-Produto.** Tese de Doutorado em Economia Aplicada apresentada à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz / USP.

Hawdon, D e Pearson, P (1995). Input-output simulations of energy, environment, economy interactions in the UK, *Energy Economics* 17 (1): 73-86.

Isard, W; Aziz, I.J; Drennan, M.P; Miller, R.E; Saltzman, S; Thorbecke, E (1998). **Methods of Interregional and Regional Analysis.** New York, Ashgate.

Machado, V. M. (2002). **Meio Ambiente e Comércio Exterior: Impactos da Especialização Comercial Brasileira sobre o Uso de Energia e as Emissões de Carbono do País.** Tese de Doutorado em Ciências em Planejamento Energético apresentada a COPPE / UFRJ.

Miller, R.E e Blair, P.D (1985). **Input-output analysis: foundations and extensions.** New Jersey, Prentice Hall.

MME (2005). Balanço Energético Nacional Ministério das Minas e Energia, [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br).

MME (2004). Novo modelo do setor elétrico, [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br).

Torres, M. E. L. e Almeida. P. E. F. (2003). **Infra-estrutura: sustentando o desenvolvimento.** Cap. 2 – Minas Gerais do Século XXI – BDMG.

Zhang, Z e Folmer, H (1998). Economic modelling approaches to cost estimates for the control of carbon dioxide emissions, *Energy Economics* 20: 101-120.

## Anexo - Compatibilização dos setores do BEN e da matriz de insumo-produto

<p><b>1 Agropecuária</b>  <i>1 Agropecuária</i></p> <p><b>2 Mineração e pelotização</b>  <i>2 Extrativa Mineral</i>  <i>3 Petróleo e Gás</i></p> <p><b>3 Minerais não metálicos</b>  <i>4 Minerais não metálicos</i></p> <p><b>4 Ferro e Aço</b>  <i>5 Siderurgia</i></p> <p><b>5 Metais não ferrosos e outras metalurgias</b>  <i>6 Metalurgia dos não ferrosos</i>  <i>7 Outros Metalúrgicos</i></p> <p><b>6 Papel e celulose</b>  <i>8 Celulose Papel e Gráfica</i>  <i>9 Indústria da Borracha</i></p> <p><b>7 Química</b>  <i>10 Elementos Químicos</i>  <i>11 Refino do Petróleo</i>  <i>12 Químicos Diversos</i></p> <p><b>8 Alimentos e bebidas</b>  <i>13 Indústria do Café</i>  <i>14 Beneficiamento Produtos Vegetais</i>  <i>15 Abate de Animais</i>  <i>16 Indústria de Laticínios</i>  <i>17 Fabricação de Açúcar</i>  <i>18 Fabricação de Óleos Vegetais</i>  <i>19 Outros Produtos Alimentares</i></p> <p><b>9 Têxtil e vestuário</b>  <i>20 Indústria Têxtil</i>  <i>21 Artigos do Vestuário</i>  <i>22 Fabricação Calçados</i></p>	<p><b>10 Outras indústrias</b>  <i>23 Máquinas e Equipamentos</i>  <i>24 Material Elétrico</i>  <i>25 Equip. Eletrônicos</i>  <i>26 Automóveis, Caminhões e Ônibus</i>  <i>27 Peças e Outros Veículos</i>  <i>28 Madeira e Mobiliário</i>  <i>29 Farmac. e Veterinária</i>  <i>30 Artigos Plásticos</i>  <i>31 Indústrias Diversas</i>  <i>32 S.I.U.P.</i>  <i>33 Construção Civil</i>  <i>34 Comunicações</i></p> <p><b>11 Comércio e serviços</b>  <i>35 Comércio</i>  <i>36 Instituições Financeiras</i>  <i>37 Serv. Prest. à Família</i>  <i>38 Serv. Prest. à Empresa</i>  <i>39 Aluguel de Imóveis</i>  <i>40 Serv. Priv. não Mercantis</i></p> <p><b>12 Transporte</b>  <i>41 Transportes</i></p> <p><b>13 Serviços públicos</b>  <i>42 Administração Pública</i></p> <p><b>14 Setor energético</b>            Lenha            Petróleo e Gás Natural            Extração de Petróleo            Refino de Petróleo            Carvão e Outros            Produtos Energéticos de Cana-de-Açúcar            Eletricidade            Resíduos</p>
--	---