

# CUSTO ECONÔMICO DA ENERGIA EM MINAS GERAIS: IMPACTOS DAS ELEVAÇÕES DE TARIFAS ENTRE 2011 E 2015<sup>1</sup>

Aline Souza Magalhães<sup>2</sup>

Kênia Barreiro de Souza<sup>3</sup>

Terciane Sabadini Carvalho<sup>4</sup>

Édson Paulo Domingues<sup>5</sup>

O primeiro semestre de 2015 foi marcado por elevações importantes dos preços de energia elétrica, fruto dos problemas de geração hídrica e da consequente utilização de geração térmica na oferta de energia. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos econômicos das mudanças nos preços da energia elétrica em Minas Gerais, identificando o papel das modificações de preços por categoria de consumo. Para tal, utiliza-se um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) especialmente capacitado para esta análise. Ao se analisar o impacto setorial dos preços da energia, os resultados permitem identificar elementos que podem subsidiar políticas de precificação de energia em Minas Gerais. Os resultados apontam que os efeitos indiretos do preço da energia sobre a economia são tão ou mais prejudiciais que os efeitos do aumento de preços sobre o consumo residencial de energia. Assim, ajustes de preços em direção ao consumo final tendem a ser menos negativos do que as elevações de preços de energia sobre setores produtivos, especialmente na indústria.

**Palavras-chave:** energia; Minas Gerais; preços; equilíbrio geral computável.

JEL: Q40; R50; C68.

## ECONOMIC COST OF ENERGY IN MINAS GERAIS: IMPACTS OF TARIFF INCREASES BETWEEN 2011 AND 2015

The first half of 2015 was marked by significant increases in electricity prices as a result of problems of hydro generation and the consequent use of thermal generation in energy supply. In this context, this paper aims to study the economic impacts of changes in the electricity prices in Minas Gerais, identifying the role of price changes by category of consumption. To do this, we have used a computable general equilibrium model, specially tailored for this analysis. When analyzing the sectoral impact of energy prices, the results allow us to identify elements that can subsidize energy pricing policies in Minas Gerais. The results indicate that indirect effects of energy prices on the economy can be more harmful than the effects of the price increase on residential energy consumption. Thus, price adjustments toward the final consumption tend to be less negative than the energy price increases on productive sectors, especially in industry.

**Keywords:** energy; Minas Gerais; prices; computable general equilibrium model.

---

1. Este artigo é uma contribuição da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais, convênio Finep/Rede Clima 01.08.0405.01.

2. Professora adjunta do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e pesquisadora do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional de Minas Gerais (Cedeplar/UFMG). Vice-coordenadora do Núcleo de Pesquisa em Modelagem Econômica e Ambiental (Nemea). *E-mail:* <alinesm@cedeplar.ufmg.br>.

3. Professora adjunta do Departamento de Economia da Universidade Federal do Paraná (UFPR). *E-mail:* <keniadesouza@ufpr.br>.

4. Professora adjunta do Departamento de Economia da UFPR e do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico (PPGDE) da mesma instituição. *E-mail:* <terciane.carvalho@ufpr.br>.

5. Professor-associado do Departamento de Ciências Econômicas e do Cedeplar/UFMG. Bolsista de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e do Programa Pesquisador Mineiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig). Coordenador do Nemea. *E-mail:* <edomin@cedeplar.ufmg.br>.

## 1 INTRODUÇÃO: CRISE DE ENERGIA NO BRASIL

O primeiro semestre de 2015 foi marcado por elevações importantes dos preços de energia elétrica, fruto dos problemas de geração hídrica e da conseqüente utilização de geração térmica na oferta de energia. Os efeitos diretos dessa elevação de preços são bastante conhecidos e comentados, especialmente na elevação da “conta de luz” das famílias. Os dados do primeiro semestre de 2015 apontaram para a elevada participação dos aumentos da energia no Índice de Preços ao Consumidor (IPC). Entretanto, os impactos do custo da energia sobre os custos de produção também são significativos, não apenas pelo seu papel como insumo, mas pela capacidade de repercussão em diversas cadeias produtivas. Assim, mesmo um setor que tem uso menos importante de eletricidade como insumo pode ser afetado indiretamente pela utilização de insumos intensivos em energia, como, por exemplo, os produtos de alumínio.

A análise destes efeitos requer a utilização de uma metodologia que tome explicitamente as relações intersetoriais (compras e vendas de produtos), o uso de energia como insumo de produção ou no consumo final (residencial) e as diversidades regionais de produção, consumo e preços.<sup>6</sup> Portanto, a motivação para um estudo regional encontra respaldo no fato de que o sistema de distribuição de energia no Brasil é regionalizado, assim como a estrutura produtiva das regiões é heterogênea, logo modificações no preço da energia repercutem diferentemente nas diversas regiões.

Assim, dado que o objetivo é estudar mudanças de preços sobre setores produtivos e famílias, a diferenciação regional é importante, uma vez que as regiões brasileiras são distintas entre si. Dessa forma, como a estrutura produtiva das regiões, suas relações de comércio, entre outros aspectos, podem interferir/impactar distintamente as regiões. Minas Gerais foi escolhida para o estudo em razão da disponibilidade de dados, de ser um estado relativamente grande, responsável por cerca de 9% do produto interno bruto (PIB) nacional, e com uma estrutura produtiva (FJP, 2015) e de desenvolvimento regional (Bacelar, 2000) bem próxima da brasileira, além de possuir uma das maiores distribuidoras de energia do país. Para tal, utilizou-se um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) construído para o estado e que permite que estes aspectos sejam tomados em consideração de forma consistente. A escolha de apenas um estado dá-se pela disponibilidade de dados e complexidade na construção de modelos regionais. Espera-se que este trabalho abra um escopo para a aplicação em outras Unidades da Federação (UFs).

Destarte, o objetivo deste trabalho é analisar os impactos econômicos das mudanças nos preços da energia elétrica em Minas Gerais, identificando o papel

---

6. No caso específico dos preços, desde 1995, as tarifas de energia elétrica passaram a ser fixadas por concessionária, levando em consideração uma série de características da região e da infraestrutura de produção de energia para cada concessionária.

das modificações de preços por categoria de consumo. O entendimento do papel diferenciado das modificações de preços de energia permite pensar estratégias de reajustes tarifários que sejam menos danosas para a economia de Minas Gerais.

Além desta introdução, mais quatro seções compõem o artigo. A seção 2 apresenta a discussão sobre reestruturação tarifária no Brasil e literatura sobre aumento das tarifas de energia elétrica. A metodologia utilizada é apresentada na seção 3. A seção 4, por sua vez, discute as simulações e os resultados obtidos. E, por fim, na seção 5 são tecidas as considerações finais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Reestruturação e reformas no mercado de eletricidade brasileiro datam da década de 1990, com o objetivo de atrair investimentos, notadamente do capital privado, e melhorar a produtividade dos serviços prestados pelo setor. No caso brasileiro, a reforma do setor elétrico incluiu várias etapas: promoveu a desverticalização das atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização, privatizou parcela significativa do setor (concentrada na distribuição) e alterou o regime econômico do custo do serviço para o regime de preço-teto (Bonini, 2011; Santos, 2010; Kessides, 2012).

Até 1993, o setor era dominado por um monopólio público verticalmente integrado. As tarifas eram baseadas no custo de produção e equalizadas nacionalmente. Em 1995, foi aprovada a Lei de Concessões, que passou a definir o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos. Dentro deste contexto, surge, em 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) para ser o órgão regulador do setor no âmbito federal. Coube à agência regular as tarifas cobradas pelas distribuidoras de energia elétrica aos consumidores finais, bem como garantir o equilíbrio financeiro das distribuidoras. Para a tarifa da distribuição, foi implementado o método de regulação por incentivos, conhecido como preço-teto (*price-cap*). Nesse método, a Aneel estipula um preço inicial limite a ser cobrado pela distribuidora que permanece até o reajuste tarifário subsequente, atualizado com base no índice geral de preços menos um fator de produtividade fixado pelo regulador. Tal regime permite refletir na tarifa os elementos de um mercado competitivo, ao possibilitar que os ganhos de produtividade sejam apropriados tanto pelas distribuidoras quanto pelos consumidores. O regime admite ainda que os custos não gerenciáveis das distribuidoras sejam transferidos para as tarifas. A composição de custos varia entre concessionárias, cujo preço é dado pelo *mix* de compra de energia de cada distribuidora. A característica do mercado local, como densidade de consumidores na área de concessão, tamanho da malha de distribuição, entre outros diferenciais de custo, passou a compor a realidade tarifária de cada concessionária, o que acaba por gerar um comportamento também diferenciado regionalmente (Santos, 2010; Dieese, 2007).

O processo de regulação tarifária inclui também a eliminação dos subsídios cruzados entre as diferentes classes de consumo (agricultura, indústria, serviços e residencial), de forma a promover um realinhamento tarifário, no qual todas as classes de consumidores deveriam pagar valor similar pela tarifa de energia elétrica (Santos, 2010).<sup>7</sup> O gráfico 1 mostra a evolução das tarifas médias de fornecimento de energia elétrica por classe de consumo entre 2003 e 2015 para o estado de Minas Gerais e para o Brasil. Ao longo do período, as tarifas do estado mostraram-se diferenciadas em relação à média brasileira, principalmente no início dos anos 2000. Porém, a partir de 2011 (período analisado), a evolução tarifária do estado passa a seguir um padrão mais próximo ao verificado no país.

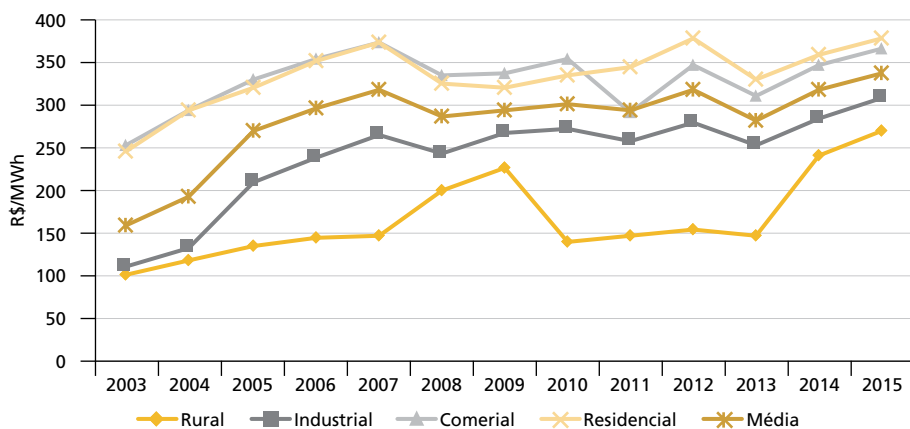
As discussões em torno das revisões tarifárias voltaram com mais força em 2013, a partir da polêmica redução de preços e do posterior aumento em 2014 e 2015, fruto dos problemas de geração hídrica e da consequente utilização de geração térmica na oferta de energia. Em 2014, pelo terceiro ano consecutivo, devido às condições hidrológicas desfavoráveis e às dificuldades inerentes aos investimentos em hidroelétricas, houve redução da oferta de energia hidráulica em 5,6%. A menor oferta hídrica explica o recuo da participação de renováveis na matriz elétrica, de 84,5%, em 2012, para 79,3%, em 2013, e 65,2%, em 2014, apesar do incremento na potência instalada do parque hidrelétrico.

#### GRÁFICO 1

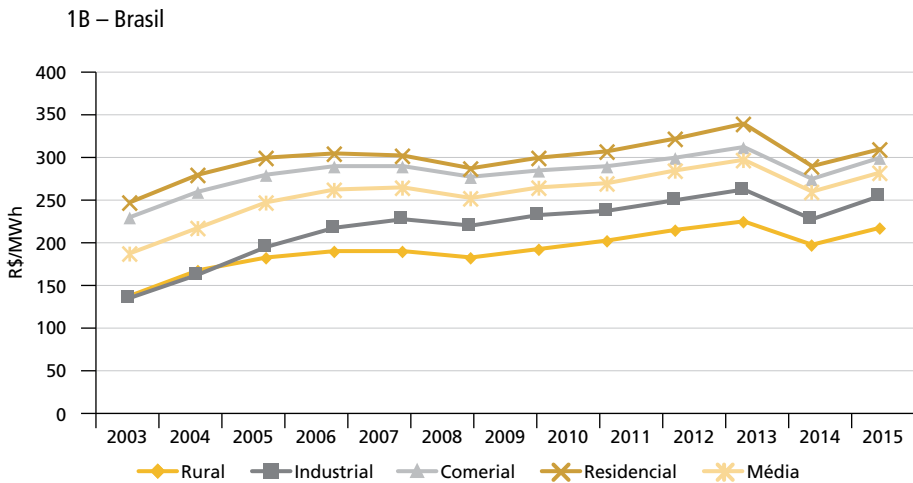
#### Evolução das tarifas médias de fornecimento por classe de consumo para Minas Gerais e Brasil (2003-2015)

(Valores correntes em R\$/MWh)

1A – Minas Gerais



7. Os subsídios, definidos desde a década de 1980, permitiam reduções nas tarifas de fornecimento de energia de até 90% para atividades rurais, 15% para serviços públicos de água e saneamento e até 65% para consumidores de baixa renda (Santos, 2010).



Fonte: Aneel (2015).

O consumo final de eletricidade, por sua vez, registrou um aumento de 2,9% em 2014, suprido a partir da expansão da geração térmica, especialmente das usinas movidas a carvão mineral (24,7%), gás natural (17,5%) e biomassa (14,1%), cujas participações somadas na matriz elétrica, na comparação entre 2014 e 2013, cresceram de 20,5% para 23,6%, mais de 3 pontos percentuais (p.p.) em um ano. Os setores que mais contribuíram para o crescimento da demanda de eletricidade foram o residencial (5,7%) e o comercial (7,4%) (EPE, 2015).

Como consequência, no primeiro semestre de 2015 foram repassados aumentos dos preços de energia para os consumidores finais. Novos aumentos de preços estão agora sob consideração devido à recente evolução do mercado de eletricidade. Daí a necessidade de se avaliar os impactos dos recentes aumentos sobre a economia, e, no caso deste trabalho, especificadamente sobre a economia mineira.

Na literatura, diferentes canais têm sido apontados para mostrar a relação inversa entre mudanças de preços de energia e a atividade econômica agregada. O mais básico deles é o clássico efeito pelo lado da oferta, em que o aumento de preços é indicativo da disponibilidade reduzida de um insumo básico à produção. Como um insumo de uso generalizado na economia, alterações nos preços da eletricidade têm impacto nos custos de produção e decisões de investimento das empresas. Incertezas associadas ao suprimento de energia podem adiar ou suspender decisões de investimento, comprometendo o crescimento. Consequentemente, produção e produtividade tendem a crescer mais lentamente. O declínio no crescimento da produtividade diminui o crescimento dos salários reais, aumentando a taxa de desemprego em que a inflação se acelera (Nairu) (Brown e Yücel, 2002).

Além disso, os impactos dos choques de oferta de energia sobre os setores dependem da composição e da participação dos insumos de energia nos custos de produção, afetando em maior grau os setores mais intensivos em energia. A participação relativa dos insumos de energia combinados a custos de transporte pode determinar o deslocamento de firmas, ou mesmo especialização da indústria para subsetores menos intensivos em energia (Nijkamp e Parrels, 1988; Santos, 2010).

Entretanto, a energia elétrica é um bem de consumo essencial para o bem-estar das famílias. Famílias ascendendo, como é o caso recente brasileiro, demandam maior consumo e montante de serviços energéticos. O aumento dos preços da eletricidade pode afetar os rendimentos das famílias e levar a mudanças em seus gastos. Isso, por sua vez, tende a afetar a demanda de outras indústrias/setores e, consequentemente, os preços dos produtos relacionados, repercutindo novamente sobre a cadeia produtiva (Akkemik, 2011).

Na escala nacional, encontra-se relativamente maior número de estudos aplicados examinando os impactos de aumentos de preços de energia elétrica sobre a economia, por meio de modelos de insumo-produto ou EGC. Han, Yoo e Kwak (2004) avaliaram o impacto de aumento dos preços de energia na Coreia do Sul e encontraram um aumento significativo no nível geral de preços devido à alta dependência de energia elétrica do setor industrial. Nguyen (2008), por sua vez, mostraram que, embora o impacto sobre preços no agregado não seja alto para o Vietnã, socialmente pode representar perdas, dada a já alta taxa de inflação no país. Para a economia chinesa, He *et al.* (2010) avalia que um aumento de 10% nos preços da energia elétrica tem um impacto sobre o índice de preços em 0,7%, e de -0,24% sobre o PIB. Zhao e You (2008) mostraram, ainda, que a variação de preços da energia elétrica chinesa repercute principalmente sobre os setores da agricultura e da indústria. Para a economia turca, Akkemik (2011) apontou que um aumento de preços compromete mais severamente os setores intensivos em energia, como mineração e siderurgia. Ademais, preços ao consumidor são menos afetados *vis-à-vis* os preços ao produtor.

Regionalmente, choques nos mercados de energia podem afetar diferentemente as regiões, dada a heterogeneidade espacial, as diferenças de estrutura produtiva, as relações de comércio, mobilidade de insumos e fatores de produção, os diferentes graus de substituição entre fontes de energia, entre outras características específicas. Santos (2010) avaliou para o Brasil as mudanças da reestruturação tarifária de 1995 a 2008 e apontou que a tendência de dispersão espacial nas tarifas de energia elétrica pode estar contribuindo para reduzir o PIB nacional e aumentar as disparidades regionais.

Com efeito, questões de política energética envolvem vários aspectos, que passam pela formação de preços, pela determinação da produção, pela geração e distribuição de renda, pelo comportamento do consumo e pela regulamentação governamental. Torna-se necessário, pois, uma modelagem consistente e sistemática para tal análise. Uma vez que a eletricidade é um insumo importante usado tanto na produção quanto como bem de consumo, mudanças de preço podem ter efeitos diretos e indiretos dentro da cadeia produtiva e sobre a estrutura das regiões. Modelos de EGC, neste sentido, são os mais adequados para analisar tais questões.

### 3 MODELO E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Para este trabalho construiu-se um modelo de EGC para Minas Gerais, *Minas Gerais general equilibrium model for energy-water interactions* (MGEM-EW). O modelo, por meio de sua desagregação setorial e regional, permite analisar políticas e eventos econômicos relacionados ao estado de Minas Gerais, em especial questões relacionadas aos setores de água e energia.

No caso específico do tema deste trabalho, o uso de um modelo regional de equilíbrio geral traz ao menos três importantes vantagens. Em primeiro lugar, a análise específica para o estado permite captar os efeitos de mudanças nos preços que ocorreram especificamente para esta região, porém cujos impactos afetam não apenas o estado, mas também o restante da economia, por meio das inter-relações comerciais entre Minas Gerais e o restante do Brasil. Em segundo, os modelos de equilíbrio geral permitem o tratamento explícito das variações nos preços relativos, que não podem ser captadas em modelos de equilíbrio parcial. Finalmente, à desagregação setorial somam-se as alterações nos preços relativos e a desagregação regional do modelo, garantindo que os impactos econômicos sejam detalhados e analisados em cada um desses níveis, bem como em termos agregados.

As próximas seções descrevem a estrutura e os principais pressupostos teóricos assumidos no modelo de EGC, a base de dados e as simulações realizadas.

#### 3.1 Estrutura teórica

A estrutura teórica e empírica do modelo MGEM-EW parte da elaborada para o *the enormous regional model* (Term) (Horridge, Madden e Wittwer, 2005). O Term é um modelo multirregional *bottom-up* EGC do tipo Johansen que segue a escola australiana de modelos EGC (Dixon *et al.*, 1982).

O MGEM-EW é composto por blocos de equações que determinam relações de demanda e oferta, de acordo com hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Além disso, vários agregados nacionais são definidos nesses blocos, como nível de emprego agregado, PIB, saldo comercial e índices de preços.

Os setores produtivos minimizam os custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala em que as combinações de insumos intermediários e fator primário (agregado) são determinados por coeficientes fixos (Leontief). Há substituição via preços entre produtos domésticos e importados na composição dos insumos via função de elasticidade de substituição constante (CES). Uma especificação CES também controla a alocação do composto doméstico entre as diversas regiões (isto é, Minas Gerais e restante do Brasil, neste caso). Também ocorre substituição entre capital e trabalho na composição dos fatores primários por meio de funções CES.

Os produtos de uma determinada região direcionados para outra são compostos pelos valores básicos e pelas margens de comércio e transporte. A participação de cada margem no preço de entrega é uma combinação de origem, destino, produto e fonte (doméstica ou importada). As margens sobre os produtos de uma região para outra podem ser produzidas em diferentes regiões. Espera-se que as margens sejam distribuídas mais ou menos equitativamente entre origem e destino, ou entre regiões intermediárias, no caso de transporte entre regiões mais distantes. Existe substituição nos fornecedores de margem de acordo com uma função CES.

No modelo, há uma família representativa para cada região, que consome bens domésticos (das demais regiões) e bens importados. A escolha entre domésticos e importados (de outros países) é realizada por uma especificação CES (hipótese de Armington).<sup>8</sup> O tratamento da demanda das famílias é baseado em um sistema combinado de preferências CES/Klein-Rubin. Assim, a utilidade derivada do consumo é maximizada segundo essa função de utilidade. Essa especificação dá origem ao sistema linear de gastos (LES),<sup>9</sup> no qual a participação do gasto acima do nível de subsistência, para cada bem, representa uma proporção constante do gasto total de subsistência de cada família.

Não existe no modelo uma relação fixa entre capital e investimento, e essa relação é escolhida de acordo com os requisitos específicos da simulação. As exportações setoriais respondem às curvas de demanda negativamente associadas aos custos domésticos de produção e positivamente afetadas pela expansão exógena da renda internacional, adotando-se a hipótese de país pequeno no comércio internacional. Não há uma teoria para o mercado de trabalho e a relação entre emprego e salário é escolhida conforme os objetivos da simulação. O consumo do

---

8. Segundo a hipótese de Armington, bens de origens diferentes são tratados como substitutos imperfeitos.

9. O LES é adequado para amplos agregados de bens em que substituições específicas não são consideradas. Isto é, elasticidades de preços cruzados são iguais ao efeito-renda dado na equação de Slutsky, sem qualquer contribuição dos efeitos de preço cruzado. Isso implica que todos os bens são complementares fracos. O sistema linear de gastos não permite a inclusão de bens inferiores (isto é, elasticidades-renda negativas).



governo é exógeno. Como existe substituição entre os fatores primários, trabalho e capital, a demanda por um fator aumenta em relação ao outro fator se o seu preço torna-se relativamente mais baixo.

O MGEM-EW opera com equilíbrio de mercado para todos os bens, tanto domésticos quanto importados, assim como no mercado de fatores (capital e trabalho) em cada região. Os preços de compra para cada um dos grupos de uso em cada região (produtores, investidores, famílias, exportadores e governo) são a soma dos valores básicos e dos impostos sobre vendas (diretos e indiretos) e margens (de comércio e transporte). Impostos sobre vendas são tratados como taxas *ad valorem* sobre os fluxos básicos. As demandas por margens (transporte e comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas.

### 3.2 Base de dados

A base de dados do modelo MGEM-EW foi construída por meio de um procedimento de regionalização da base de dados de dois modelos EGC nacionais para a economia brasileira, o *Brazilian recursive dynamic general equilibrium model* (Bridge) (Domingues *et al.*, 2014) e o modelo BeGreen (Magalhães, 2013). Neste último o setor de “eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana” foi desagregado em “eletricidade e gás” e “água, esgoto e limpeza urbana”, permitindo a análise específica do setor elétrico.

O procedimento baseou-se na metodologia proposta em Horridge (2006), adaptada para o caso brasileiro. A partir dos dados nacionais, calibrados a partir da matriz de insumo-produto nacional de 2005 (IBGE, 2015a), e de um grande conjunto de indicadores regionais, estimou-se uma matriz de comércio inter-regional.<sup>10</sup>

O primeiro passo do procedimento foi a abertura da base de dados do Bridge, com informações do BeGreen, e informações regionais específicas dos setores de água e energia, para assim transformar a base de dados em um modelo setor por setor, com um total de 56 atividades produtivas. O segundo passo é constituído de um procedimento computacional de regionalização que utiliza dados de participações regionais nos indicadores macroeconômicos (PIB, investimento, consumo das famílias, gastos do governo, importações, exportações). A fim de obter as participações por região, foram utilizados dados de diversas fontes: PIB por região (incluindo a divisão

---

10. O procedimento de cálculo dessas matrizes de comércio parte de uma matriz de distâncias entre regiões e trata a estimação sob o arcabouço da abordagem gravitacional do comércio inter-regional. A principal hipótese da abordagem gravitacional é que o comércio inter-regional está baseado na distância entre as regiões e na interação derivada do tamanho de suas economias. Uma difundida justificativa teórica à ideia de que os fluxos bilaterais de comércio dependem positivamente da renda das regiões e negativamente da distância entre elas baseia-se em um modelo de comércio desenvolvido por Krugman (1980). Mais detalhes do método e algumas aplicações podem ser consultados em Miller e Blair (2009).

entre PIB da agropecuária, indústria, serviços e administração pública), divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015b); exportações e importações por região existentes no sistema AliceWeb da Secretaria de Comércio Exterior (Secex); e a massa salarial (por setor de atividade e região) obtida por meio da Relação Anual de Informações Sociais (Rais). Além desses dados, foram usados os da Agência Nacional de Águas (ANA, 2015) e de consumo de energia da Aneel para a desagregação regional destes setores, conforme detalhado na subseção 3.2.1. Mais informações sobre o procedimento para a construção de uma base de dados regional estão em Carvalho (2014).

### 3.2.1 Desagregação dos setores de energia e água no modelo EGC

O ano-base do modelo (2005) teve como parte central na calibragem as informações das matrizes insumo-produto brasileiras, para as quais estão disponíveis as relações intersetoriais e os valores da demanda final para 55 setores produtivos. Entre estes está o setor de “eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana”, desagregado em dois subsetores: eletricidade e gás; e água, esgoto e limpeza urbana. Este aperfeiçoamento teve como primeiro passo a distinção do setor de eletricidade e gás na base de dados do modelo, com base nas informações do Ministério de Minas e Energia (MME), de agências reguladoras do setor energético – especialmente a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e a Aneel; além de dados complementares, sendo o principal deles o Balanço Energético Nacional Consolidado para o ano de 2005.

Por sua vez, a divisão regional para produção e consumo de água foi obtida a partir das informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), disponibilizado pelo Ministério das Cidades (2015). Para energia, foram utilizados os dados de distribuição de energia elétrica, disponibilizados pela Aneel. Com relação ao gasto familiar de água e de energia, foram utilizadas informações de consumo da Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), disponibilizada pelo IBGE (2015c). Já a desagregação da produção de energia teve por base dados de “receita de fornecimento de energia elétrica” sem impostos, para 2005, por companhia de distribuição de energia elétrica, disponibilizados pela Aneel. Como se trata da produção e distribuição de energia elétrica, foram considerados estados produtores aqueles nos quais estão localizados os municípios-sede das companhias de energia.

Um procedimento prévio de simulação foi adotado com o objetivo de atualizar o banco de dados para o ano de 2011 a partir das informações mais recentes para a economia brasileira. Tal procedimento é conhecido como “simulação histórica”.<sup>11</sup> Neste, foram utilizados dados macroeconômicos da economia brasileira

---

11. Para detalhes sobre o procedimento, consultar Dixon e Rimmer (2002).

(PIB, consumo das famílias, gastos do governo, investimentos, exportações, IPC e crescimento populacional) durante o período 2006-2011 (Ipea, 2015), além das informações de coeficientes técnicos do uso de água e energia elétrica, divulgados nas matrizes de usos e recursos para o novo sistema de contas nacionais do Brasil, referência 2010 (IBGE, 2015d). Estas informações servem como choques na “simulação histórica” do modelo, tendo como resultado uma base de dados do modelo “atualizada” para 2011, a partir da qual são realizadas as simulações de custos da energia.

### 3.3 O gasto com energia em Minas Gerais

A partir da base de dados do modelo EGC é possível observar um conjunto de indicadores da importância econômica da energia elétrica, em termos de custo como insumo setorial e como produto de consumo das famílias. Como pode ser observado na tabela 1, o consumo de energia elétrica em Minas Gerais está concentrado na indústria, que responde por cerca de metade do gasto total em energia no estado. O outro grande usuário de energia são as famílias. O consumo residencial responde por quase 40% do gasto com energia.

TABELA 1  
**Gastos com o consumo de eletricidade e gás em Minas Gerais (2011)**  
 (Em R\$ milhões de 2011)

	Gasto por tipo de consumo	Participação no total (%)
Consumo setorial	58.688	57,34
Agropecuária	7.388	7,22
Indústria	58.035	56,70
Serviços	16.863	16,48
Consumo das famílias	43.662	42,66
<b>Total</b>	<b>102.350</b>	<b>100,00</b>

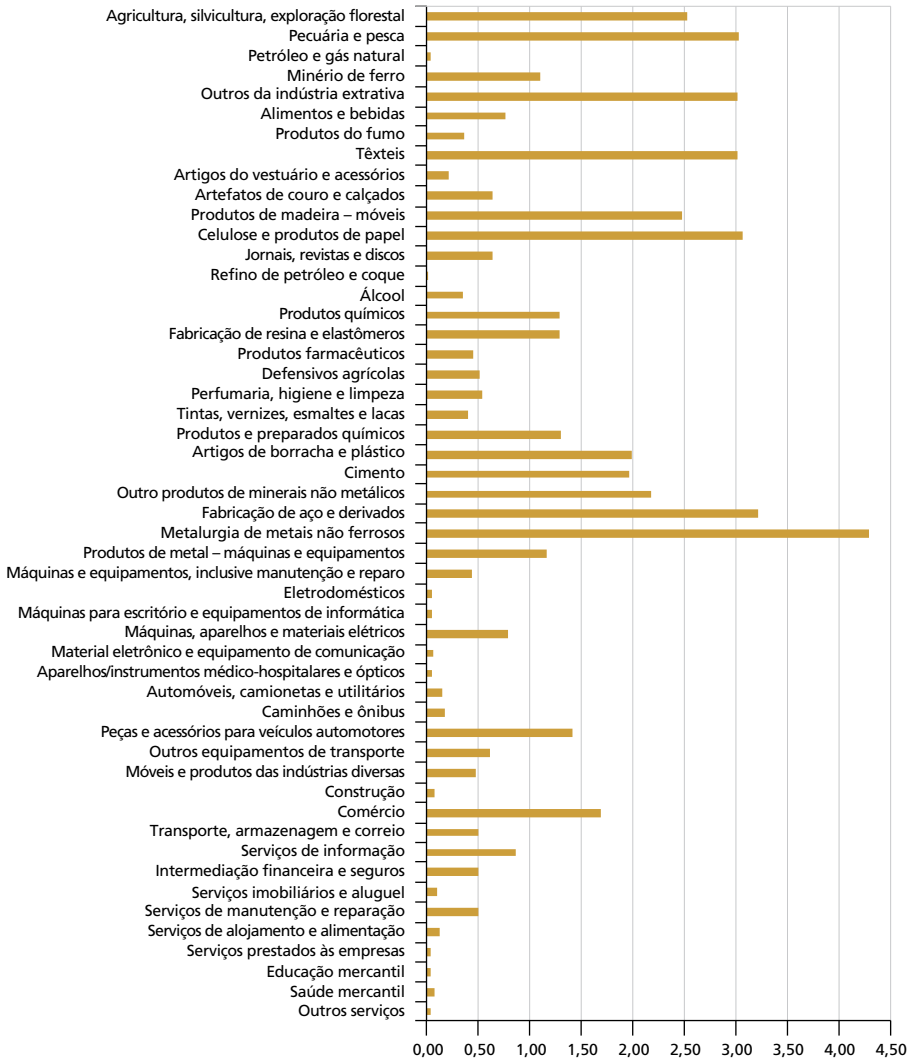
Elaboração dos autores a partir da base de dados do modelo.

O gasto com energia representa em média 1,56% no valor da produção dos setores da economia brasileira (gráfico 2). Entretanto, existe grande variação na importância da energia elétrica para a indústria; por exemplo, representa quase 4,30% dos custos totais de produção na fabricação de produtos de minerais não metálicos, 9,59% no setor de água e saneamento, e apenas 0,5% para produtos farmacêuticos. Na construção do modelo Minas-EW, estes coeficientes nacionais de energia também são adotados para os setores de Minas Gerais, o que se justifica pela ausência de informação específica.

## GRÁFICO 2

## Coeficiente setorial de uso de eletricidade e gás (2011)

(Em % do valor da produção dos setores)



Elaboração dos autores a partir da base de dados do modelo.

Obs.: A fim de melhorar a visualização do gráfico, foram retirados os setores de "eletricidade e gás" e "água, esgoto e limpeza urbana", cujos coeficiente são, respectivamente, 26,88 e 9,59.

Por sua vez, o comportamento dos preços do fornecimento de energia elétrica entre 2011 e início de 2015 pode ser observado na tabela 2.<sup>12</sup> Nela estão diferenciadas as tarifas por quatro tipos de uso: agricultor,<sup>13</sup> comercial, industrial e residencial. A tabela revela a queda de preços em 2013, decorrente de medidas do governo federal. Entre os setores, nota-se a elevação de preços para o uso agrícola, bastante superior aos demais. Comparativamente à elevação média de preços na economia (IPCA acumulado no período de 23,85%), os dados revelam um comportamento de barateamento relativo dos preços da energia nesse período.

**TABELA 2**  
**Evolução das tarifas de energia em Minas Gerais por categoria de uso (tarifa média sem imposto)**

Ano	Agricultor rural e irrigante	Comercial, serviços e outras	Industrial	Residencial
Tarifa média de fornecimento (R\$/KWh)				
2011	146,93	293,02	257,91	345,33
2012	156,09	347,22	280,39	378,05
2013	147,59	311,49	252,71	330,71
2014	242,16	348,87	284,65	359,50
2015	270,14	366,63	309,02	379,02
Variação anual (%)				
2012	6,24	18,50	8,72	9,48
2013	-5,45	-10,29	-9,87	-12,52
2014	64,08	12,00	12,64	8,70
2015	11,55	5,09	8,56	5,43
Variação acumulada 2012-2015	83,86	25,12	19,82	9,76

Fonte: Aneel (2015).  
Elaboração dos autores.

### 3.4 Desenho do experimento analítico

Antes de realizar as simulações, deve-se definir as hipóteses adotadas na operação do modelo. Para isso, determina-se um fechamento, em que são definidas as variáveis exógenas e endógenas nas simulações. Modelos EGC usualmente adotam dois tipos de fechamento, com diferentes hipóteses para as variáveis econômicas de acordo com o objeto de estudo. A principal diferença entre os fechamentos

12. Assumimos que as variações reportadas pela Aneel da Concessionária de Energia em Minas Gerais (Cemig) representem a variação de preços no estado. Vale notar que a Cemig também opera como distribuidora de energia na cidade do Rio de Janeiro.

13. Nessa categoria foram consideradas as classes de consumo rural agricultor e rural irrigantes da Aneel (2015).

está no tratamento do ajuste do estoque de capital e investimento, e no mercado de trabalho. Optou-se por utilizar um fechamento que se adapta às hipóteses do problema da elevação das tarifas de energia: *i*) a oferta de capital é endógena em todos os setores e regiões, com taxas de retorno fixas; *ii*) o emprego é endógeno e o salário real é exógeno; *iii*) o consumo das famílias segue a renda do trabalho; *iv*) o consumo do governo é exógeno.

O objetivo do experimento é projetar o impacto da elevação do custo da energia elétrica na economia de Minas Gerais. Existe a possibilidade de termos aumentos homogêneos de preços (que impactam diretamente todos os usuários com a mesma variação) ou aumentos diferenciados (para alguns usuários as variações são maiores do que para outros). O ano inicial de simulação (2011) implica que a base de dados do modelo embute certo diferencial de preços de energia, de acordo com o observado na tabela 2. A partir de simulações podemos testar o impacto de variações de preços observadas da energia, como as do período 2012-2015, ou variações construídas de maneira *ad hoc*.

O modelo trabalha com mercados competitivos de produtos, o que também vale para energia elétrica, dada a reestruturação ocorrida. Nas simulações efetuadas, a variação endógena de preços é substituída pela imposição de variações de preços, pressuposto condizente com a regulamentação do setor, e a determinação exógena dos preços.

Foram realizadas duas simulações. A primeira leva em consideração as variações observadas – de acordo com dados da Aneel (2015) – para as tarifas de energia elétrica para agropecuária,<sup>14</sup> indústria, serviços e uso residencial. No segundo conjunto de simulações foi aplicada uma variação única de preços (de 10%) para todos os usuários (agropecuária, industrial, serviços e residencial). O objetivo desta simulação é tornar as variações de preços comparáveis, e, assim, ter um indicativo de políticas tarifárias de energia menos impactantes para a economia de Minas Gerais.

#### 4 RESULTADOS

Em ambas as simulações os seguintes efeitos são esperados: *i*) o aumento no preço da energia para os setores produtivos (rural, industrial e serviços) provoca a elevação nos custos de produção que deverá ser transmitida aos preços (inflação de custos); *ii*) a elevação nos preços será repassada a outros setores indiretamente, via relações insumo-produto; *iii*) o aumento no preço da energia para uso residencial, *ceteris paribus*, provoca redução na renda real das famílias, que precisam realocar o consumo para outros bens e serviços; e *iv*) todas as mudanças anteriores alteram os preços relativos da economia, que impactam diretamente o nível de produção setorial. Desta forma, a magnitude de cada um dos efeitos e o resultado total das simulações

---

14. Assumimos que a categoria "agricultor rural" aplica-se aos setores agricultura e pecuária.

dependem basicamente: da magnitude do choque por usuário, da participação da energia como insumo produtivo, da participação da energia no consumo das famílias, e das interações entre os agentes econômicos em um contexto de equilíbrio geral. As próximas seções detalham os resultados para cada simulação.

#### 4.1 Efeito das variações de preços de energia observadas entre 2011 e 2015

As simulações realizadas mostram que a elevação observada nas tarifas de energia elétrica no período 2011-2015, conforme esperado, trouxe resultados negativos para a economia de Minas Gerais.<sup>15</sup> Os resultados podem ser verificados na tabela 3, por meio do efeito estimado sobre o PIB do estado, revelando uma queda acumulada de 2,41%. Esse percentual corresponde a uma perda média anual de 0,73%<sup>16</sup> do PIB, ou R\$ 2,8 bilhões anuais a menos. A decomposição dos impactos das variações de preço por usuário mostra que a maior parte do impacto sobre o PIB de Minas Gerais (cerca de 52,70%)<sup>17</sup> pode ser explicada pelo aumento nas tarifas de energia elétrica para a produção rural, que elevam o preço dos produtos agrícolas, afetando diretamente setores como a indústria produtora de alimentos e o consumo das famílias.

Em conjunto, as elevações nos preços de produtos agrícolas e setores relacionados provocam redução na demanda por esses produtos e consequente diminuição na produção, que, por sua vez, leva à redução na demanda por emprego (-2,14%) e ao desincentivo ao investimento (-2,26%). Assim, os resultados para o consumo das famílias, investimentos e emprego em Minas Gerais seguem a mesma lógica da redução do PIB, com variações percentuais semelhantes e elevada participação da variação nos preços da produção rural no resultado (cerca de 50% da variação total).

Para as famílias, o aumento das tarifas residenciais provoca um efeito direto de diminuição no bem-estar devido à redução no poder de compra e realocação do consumo. Não obstante, a mudança nos preços da energia para produtores rurais ainda domina o resultado sobre o consumo das famílias. Isso ocorre devido à composição do orçamento das famílias, com elevados gastos em alimentos e bebidas (12,78% do total)<sup>18</sup> e da própria agropecuária (2,94%), comparados à energia e gás (2,14%). Ou seja, o impacto indireto da elevação do preço da energia rural e industrial, sobre o consumo e o bem-estar das famílias, pode ter sido maior que o impacto direto do reajuste de preços da energia residencial.

---

15. Serão apresentados apenas os resultados para o estado de Minas Gerais. Os efeitos sobre o restante do Brasil representam pequenos *spillovers* do choque inicial. Ou seja, as simulações foram realizadas alterando *ceteris paribus* as tarifas do estado de Minas Gerais por usuário, o que, por sua vez, desencadeia alguns efeitos sobre o restante do Brasil em decorrência das inter-relações produtivas e de consumo de Minas com os demais estados. Por conseguinte, os resultados para o restante do Brasil foram omitidos, uma vez que não são comparáveis aos resultados aqui apresentados.

16. A variação de preços considerada foi calculada entre dezembro de 2011 e março de 2015, um total de 39 meses.

17. A decomposição dos resultados segue Harrison, Horridge e Pearson (2000).

18. Base de dados do modelo.

**TABELA 3**  
**Impactos das modificações de preços da energia, por tipo de uso, na economia de Minas Gerais (2011-2015)**  
 (Variação, em %)

Variável impactada	Efeito total dos choques de preços de energia	Choques de preços de energia por tipo de consumo			
		Rural (84%)	Industrial (25%)	Serviços (20%)	Residencial (10%)
PIB	-2,41	-1,27	-0,61	-0,31	-0,22
Consumo das famílias	-2,20	-1,19	-0,52	-0,27	-0,22
Investimento	-2,26	-0,97	-0,78	-0,33	-0,18
Exportações	-1,08	-0,35	-0,43	-0,20	-0,10
Importações	-0,82	-0,66	0,05	-0,13	-0,08
Emprego	-2,14	-1,18	-0,49	-0,26	-0,21
Índice de preços	1,22	0,38	0,22	0,23	0,39
Bem-estar <sup>1</sup> (R\$ milhões)	-5.259,65	- 2.810,71	-1.246,03	-658,08	-544,82

Elaboração dos autores a partir dos resultados das simulações.

Nota: <sup>1</sup> Variação na renda medida em variação compensatória (VC). A partir de uma mudança nos preços, a VC mensura a compensação monetária necessária, dada a variação dos preços, para que as famílias mantenham o mesmo nível de utilidade inicial.

Ainda em relação aos agregados macroeconômicos, as exportações caem, pois a elevação nos preços nacionais provoca perda de competitividade dos exportados no mercado internacional (dada a hipótese do modelo de curvas de demanda por exportações negativamente inclinadas). Já as importações exibem queda decorrente da redução no nível de atividade, com queda na renda e produção nacionais. Vale ainda ressaltar que, como a queda nas exportações é mais intensa do que a queda nas importações, o resultado mostra que a elevação nesses preços tende a desfavorecer a balança comercial.

Em termos setoriais, a importância da elevação nos preços da energia rural fica ainda mais evidente. Os setores mais afetados teriam sido a pecuária e a pesca, com queda acumulada de 11,62% na produção, e agricultura, silvicultura e exploração florestal (-9,08%) (gráfico 3). Como pode ser observado, esses resultados são efeitos diretos da elevação nos custos de produção ao produtor rural, seguida do repasse aos preços e queda na demanda.

Por sua vez, setores como produtos do fumo e alimentos e bebidas, para os quais os insumos produtivos são obtidos principalmente a partir da produção rural, também sofrem perdas elevadas na produção, de respectivamente 5,80% e 5,08%. Entre os setores mais afetados em termos de produção, a alteração nos preços da energia elétrica industrial ganha relevância para as atividades da própria indústria e com alta intensidade no uso de energia elétrica. Esse é o caso de celulose



e produtos do papel, artigos de borracha e plástico, peças e acessórios para veículos automotores e metalurgia de metais não ferrosos. No caso de celulose e papel, por exemplo, a queda na produção é de 7,07%, com 3,84% relacionados ao aumento da tarifa industrial.

Outros setores, como jornais, revistas e discos e artefatos de couro e calçados são afetados de forma similar por todos os choques, diretamente pela elevação nos preços do próprio setor e realocação do consumo das famílias, e indiretamente por suas relações intersetoriais com a agropecuária, os serviços e os demais setores da própria indústria.

Em termos gerais, os resultados fortalecem a importância da determinação das tarifas de energia elétrica, e de sua diferenciação por usuário, principalmente enquanto insumo produtivo utilizado amplamente por todas as atividades econômicas. Não obstante, embora os resultados da primeira simulação retratem a realidade observada durante o período de análise, a diversidade na variação das tarifas faz com que as alterações no preço para produção rural direcionem o resultado final. Esse problema é solucionado na segunda simulação, em que as tarifas aplicadas por usuário são idênticas.

TABELA 4

**Impactos das modificações de preços da energia, por tipo de uso, nos setores da economia de Minas Gerais (2011-2015)**

(Variação, em % do PIB setorial)

Impacto sobre o PIB do setor	Choques de preços de energia por tipo de uso				
	Todos os choques	Rural (84%)	Industrial (25%)	Serviços (20%)	Residencial (10%)
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	-9,08	-7,81	-0,38	-0,54	-0,35
Pecuária e pesca	-11,62	-10,32	-0,40	-0,52	-0,37
Petróleo e gás natural	-1,00	-0,31	-0,29	-0,23	-0,17
Minério de ferro	-1,13	-0,31	-0,40	-0,27	-0,15
Outros da indústria extrativa	-2,15	-0,64	-0,92	-0,34	-0,25
Alimentos e bebidas	-5,09	-3,27	-0,75	-0,72	-0,34
Produtos do fumo	-5,80	-3,63	-0,81	-0,94	-0,42
Têxteis	-2,13	-0,85	-0,82	-0,33	-0,13
Artigos do vestuário e acessórios	-1,75	-0,82	-0,51	-0,35	-0,07
Artefatos de couro e calçados	-3,88	-1,04	-1,14	-1,06	-0,63
Produtos de madeira – exclusive móveis	-2,87	-0,87	-1,33	-0,40	-0,27
Celulose e produtos de papel	-7,07	-1,72	-3,84	-0,90	-0,61
Jornais, revistas, discos	-4,64	-1,31	-1,40	-1,17	-0,75
Refino de petróleo e coque	-1,64	-0,86	-0,36	-0,29	-0,13
Álcool	-1,86	-1,18	-0,42	-0,15	-0,12
Produtos químicos	-2,73	-1,43	-0,61	-0,43	-0,27

(Continua)

(Continuação)

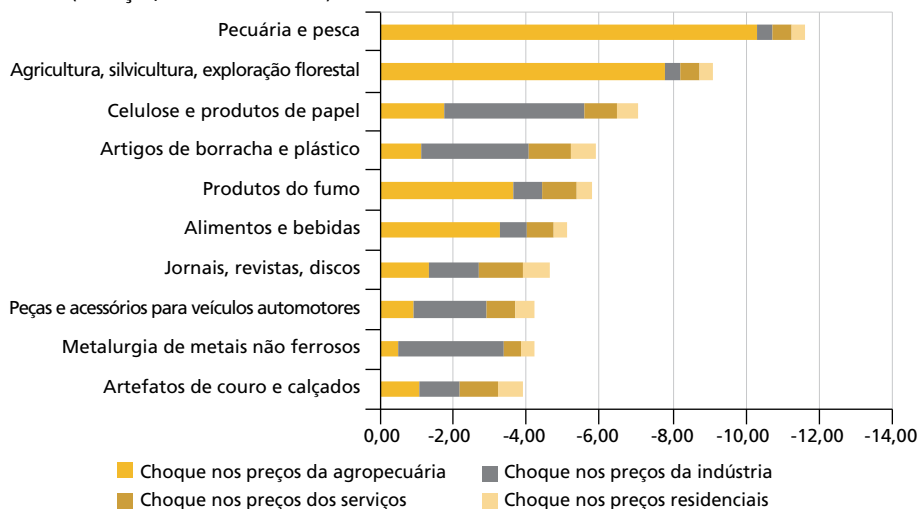
Impacto sobre o PIB do setor	Choques de preços de energia por tipo de uso				
	Todos os choques	Rural (84%)	Industrial (25%)	Serviços (20%)	Residencial (10%)
Fabricação de resina e elastômeros	-2,17	-0,57	-0,87	-0,46	-0,28
Produtos farmacêuticos	-1,29	-0,55	-0,35	-0,29	-0,10
Defensivos agrícolas	-1,67	-0,85	-0,34	-0,30	-0,17
Perfumaria, higiene e limpeza	-1,91	-0,92	-0,52	-0,40	-0,08
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	-1,04	-0,32	-0,33	-0,26	-0,13
Produtos e preparados químicos	-1,67	-0,57	-0,59	-0,31	-0,19
Artigos de borracha e plástico	-5,90	-1,10	-2,94	-1,16	-0,71
Cimento	-2,12	-0,49	-0,91	-0,48	-0,24
Outros produtos de minerais não metálicos	-2,85	-0,65	-1,28	-0,55	-0,36
Fabricação de aço e derivados	-1,75	-0,32	-1,01	-0,26	-0,16
Metalurgia de metais não ferrosos	-4,20	-0,48	-2,92	-0,46	-0,34
Produtos de metal – exclusive máquinas e equipamentos	-3,36	-0,79	-1,49	-0,63	-0,45
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparação	-1,81	-0,59	-0,65	-0,35	-0,21
Eletrodomésticos	-1,46	-0,60	-0,44	-0,33	-0,08
Máquinas de escritório e equipamentos de informática	-1,91	-0,63	-0,50	-0,56	-0,22
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	-2,33	-0,73	-0,70	-0,51	-0,39
Material eletrônico e equipamentos de comunicação	-1,43	-0,41	-0,40	-0,41	-0,20
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalares, medida e óptico	-2,22	-0,81	-0,53	-0,55	-0,32
Automóveis, camionetas e utilitários	-2,89	-0,78	-0,91	-0,90	-0,30
Caminhões e ônibus	-2,84	-0,63	-0,91	-0,82	-0,47
Peças e acessórios para veículos automotores	-4,23	-0,89	-2,00	-0,78	-0,55
Outros equipamentos de transporte	-3,13	-0,65	-1,31	-0,66	-0,51
Móveis e produtos das indústrias diversas	-2,29	-0,85	-0,69	-0,53	-0,21
Água, esgoto e limpeza urbana	-2,41	-0,85	-1,21	-0,23	-0,12
Construção	-1,31	-0,53	-0,47	-0,20	-0,11
Comércio	-2,28	-1,22	-0,50	-0,40	-0,16
Transporte, armazenagem e correio	-1,98	-1,02	-0,49	-0,31	-0,16
Serviços de informação	-1,14	-0,66	-0,29	-0,12	-0,07
Intermediação financeira e seguros	-1,12	-0,64	-0,30	-0,14	-0,04
Serviços imobiliários e aluguel	-1,39	-0,82	-0,39	-0,17	-0,02
Serviços de manutenção e reparação	-1,53	-0,80	-0,40	-0,27	-0,07
Serviços de alojamento e alimentação	-1,44	-0,84	-0,37	-0,20	-0,03
Serviços prestados às empresas	-0,98	-0,57	-0,23	-0,04	-0,14
Educação mercantil	-1,47	-0,85	-0,41	-0,19	-0,01
Saúde mercantil	-1,36	-0,80	-0,38	-0,18	0,00
Outros serviços	-1,81	-1,00	-0,47	-0,26	-0,09

Elaboração dos autores a partir dos resultados da simulação.

GRÁFICO 3

**Setores mais impactados em Minas Gerais com a elevação nos preços das tarifas de energia elétrica (2011-2015)**

(Variação, em % PIB setorial)



Elaboração dos autores a partir dos resultados das simulações.

**4.2 Efeitos de modificações homogêneas nos preços de energia**

Partindo da mesma base de dados e fechamento da simulação anterior, porém com modificações homogêneas nos preços, os resultados por usuário de energia passam a ser diretamente comparáveis. Ou seja, pode-se inferir para qual tipo de uso a elevação de preços da energia produz impactos negativos mais significativos na economia. Logicamente, este exercício pode ser entendido na forma oposta, indicando quais setores e usos uma diminuição relativa de preços de energia teria maiores impactos positivos na economia.

Utilizamos como padrão o aumento de 10% nos preços da energia para todos os setores e no consumo das famílias. Assim, os resultados dessa simulação podem ser interpretados como a sensibilidade dos agregados econômicos e setoriais a alterações percentuais nas tarifas de energia elétrica, por usuário, ou setor. Desta forma, tais resultados permitem não apenas a avaliação do efeito total da variação dos preços, como também podem ser utilizados para guiar políticas públicas de ajustes nos preços do setor.

A elevação uniforme nos preços provocaria uma queda de 0,84% no PIB de Minas Gerais, em decorrência da redução na demanda e, conseqüentemente, do nível de atividade econômica (Porém, é possível notar que o comportamento da queda da proporção de pobres apresenta discrepâncias entre as regiões do país (gráfico 2).

Analisando as médias da proporção de pobres (H) das cinco regiões do Brasil – ponderadas pela população estadual –, é possível observar, queda desse índice em todas as regiões, porém em diferentes magnitudes. A região Norte não apresenta os maiores índices de pobreza, mas é a que teve a menor queda da proporção de pobres, apenas 5,8%, de 1987 a 2009.). A partir da alteração nos preços, a decomposição dos resultados revela que a elevação na tarifa industrial responde por 38,10% da variação no PIB do estado, seguida da tarifa residencial (26,19%), rural (20,24%) e de serviços (15,48%). Todavia, se levarmos em consideração o bem-estar das famílias (medido por variação compensatória no consumo)<sup>19</sup> conforme o esperado, a maior perda ocorre com a elevação nos preços da energia residencial (60,61%), seguida da tarifa industrial (16,67%), de serviços (13,64%) e rural (7,68%).

TABELA 5  
**Impacto econômico de elevação de preços das tarifas de energia elétrica por categoria de uso em Minas Gerais**  
 (Variação, em %)

Impacto sobre a economia de Minas Gerais	Choques de preços de energia por tipo de uso				
	Todos os choques	Rural (10%)	Industrial (10%)	Serviços (10%)	Residencial (10%)
PIB	-0,84	-0,17	-0,32	-0,13	-0,22
Consumo das famílias	-0,78	-0,16	-0,27	-0,11	-0,22
Investimento	-0,87	-0,14	-0,41	-0,14	-0,19
Exportações	-0,46	-0,05	-0,22	-0,08	-0,11
Importações	-0,21	-0,09	0,02	-0,05	-0,08
Emprego	-0,75	-0,16	-0,26	-0,11	-0,22
Índice de Preços ao Consumidor	0,66	0,05	0,11	0,09	0,40
Bem-estar <sup>1</sup> (R\$ milhões)	-1.863,86	-386,25	-647,77	-272,28	-557,57

Elaboração dos autores a partir dos resultados das simulações.

Nota: <sup>1</sup> Variação na renda medida em variação compensatória (VC). A partir de uma mudança nos preços, a VC mensura a compensação monetária necessária, dada a variação dos preços, para que as famílias mantenham o mesmo nível de utilidade inicial.

Enquanto o consumo das famílias e o emprego seguem variações semelhantes ao PIB, as exportações e os investimentos são afetados principalmente pelas alterações nas tarifas na indústria, que possui elevada participação em ambos os agregados. Contudo, o aumento da tarifa residencial afeta principalmente as importações (que dependem diretamente da renda interna), e o IPC. O IPC apresenta aumento de 0,66%, dos quais 0,40% são decorrentes da variação nos preços residenciais, e outros 0,11% da elevação na tarifa industrial. Esse resultado

19. O conceito de variação compensatória estabelece o montante monetário necessário para restabelecer o poder de compra das famílias, dada uma alteração de preços de bens e serviços. Assim, mede-se perda de poder de consumo, ou renda, resultante do aumento dos preços, se a família mantivesse a mesma cesta de consumo.

em particular possui relevância direta em termos de política pública, pois revela os efeitos potenciais de alterações nos preços de energia sobre a inflação no Brasil.<sup>20</sup>

Em termos setoriais, duas avaliações são possíveis: *i*) como cada setor seria afetado por alterações nos preços por usuário; e *ii*) como a alteração nos preços de cada setor podem afetar o restante da economia. A Porém, é possível notar que o comportamento da queda da proporção de pobres apresenta discrepâncias entre as regiões do país (gráfico 2). Analisando as médias da proporção de pobres (H) das cinco regiões do Brasil – ponderadas pela população estadual –, é possível observar, queda desse índice em todas as regiões, porém em diferentes magnitudes. A região Norte não apresenta os maiores índices de pobreza, mas é a que teve a menor queda da proporção de pobres, apenas 5,8%, de 1987 a 2009. e o gráfico 4 respondem à primeira questão. Com exceção de energia e gás (para o qual a redução estimada na produção foi de 6,84%), o setor mais afetado foi celulose e produtos de papel, com queda estimada na produção de 3,25%, resultado decorrente do elevado uso de energia elétrica na produção (3,07% do valor bruto da produção) e de suas relações com outros setores da própria indústria. Resultado semelhante pode ser observado também para artigos de borracha e plástico, metalurgia de metais não ferrosos, peças e acessórios e produtos do metal.

A queda na produção da pecuária e pesca e agricultura, silvicultura e exploração florestal chega a 2,26% e 1,85%, sendo que cerca de 60% dessa variação é provocada pela elevação das tarifas rurais, e outros 18% pela variação nos preços da energia elétrica residencial. Para os demais setores com grandes perdas, jornais, revistas e discos, e artefatos do couro e calçados, tanto o choque no próprio setor quanto nos preços residenciais produzem efeitos expressivamente negativos para o setor.

**TABELA 6**  
**Impacto setorial de elevação de preços das tarifas de energia elétrica por categoria de uso em Minas Gerais**  
(Variação, em % no PIB setorial)

Impacto sobre o setor	Choque de tarifa por categoria de uso				
	Todos os choques	Rural (10%)	Industrial (10%)	Serviços (10%)	Residencial (10%)
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	-1,85	-1,06	-0,20	-0,23	-0,36
Pecuária e pesca	-2,26	-1,42	-0,21	-0,22	-0,40
Petróleo e gás natural	-0,47	-0,04	-0,15	-0,10	-0,18
Minério de ferro	-0,52	-0,04	-0,20	-0,11	-0,16
Outros da indústria extrativa	-0,96	-0,09	-0,48	-0,14	-0,25
Alimentos e bebidas	-1,49	-0,44	-0,39	-0,30	-0,35

(Continua)

20. Vale ressaltar que o IPC medido pelo modelo não é idêntico ao Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), oficialmente considerado como medida de inflação, pois no último não são considerados o total de bens e serviços consumidos, mas sim uma cesta específica e invariável.

(Continuação)

Impacto sobre o setor	Choque de tarifa por categoria de uso				
	Todos os choques	Rural (10%)	Industrial (10%)	Serviços (10%)	Residencial (10%)
Produtos do fumo	-1,74	-0,49	-0,42	-0,39	-0,44
Têxteis	-0,81	-0,12	-0,42	-0,14	-0,14
Artigos do vestuário e acessórios	-0,60	-0,11	-0,26	-0,15	-0,08
Artefatos de couro e calçados	-1,83	-0,14	-0,59	-0,44	-0,65
Produtos de madeira – exclusive móveis	-1,25	-0,12	-0,69	-0,17	-0,28
Celulose e produtos de papel	-3,25	-0,23	-2,00	-0,37	-0,64
Jornais, revistas, discos	-2,17	-0,18	-0,73	-0,48	-0,78
Refino de petróleo e coque	-0,56	-0,12	-0,19	-0,12	-0,13
Álcool	-0,56	-0,16	-0,22	-0,06	-0,12
Produtos químicos	-0,96	-0,19	-0,32	-0,18	-0,27
Fabricação de resina e elastômeros	-1,00	-0,08	-0,45	-0,19	-0,28
Produtos farmacêuticos	-0,48	-0,07	-0,18	-0,12	-0,11
Defensivos agrícolas	-0,59	-0,11	-0,18	-0,12	-0,17
Perfumaria, higiene e limpeza	-0,64	-0,13	-0,27	-0,16	-0,08
Tintas, vernizes, esmaltes e lacas	-0,46	-0,04	-0,17	-0,11	-0,13
Produtos e preparados químicos	-0,71	-0,08	-0,31	-0,13	-0,20
Artigos de borracha e plástico	-2,90	-0,15	-1,53	-0,48	-0,73
Cimento	-0,99	-0,07	-0,47	-0,20	-0,25
Outros produtos de minerais não metálicos	-1,36	-0,09	-0,66	-0,23	-0,37
Fabricação de aço e derivados	-0,84	-0,04	-0,52	-0,11	-0,16
Metalurgia de metais não ferrosos	-2,13	-0,07	-1,52	-0,19	-0,36
Produtos de metal – exclusive máquinas e equipamentos	-1,60	-0,11	-0,77	-0,26	-0,46
Máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparação	-0,79	-0,08	-0,34	-0,15	-0,22
Eletrodomésticos	-0,53	-0,08	-0,23	-0,14	-0,09
Máquinas de escritório e equipamentos de informática	-0,81	-0,09	-0,26	-0,23	-0,23
Máquinas, aparelhos e materiais elétricos	-1,08	-0,10	-0,37	-0,21	-0,40
Material eletrônico e equipamentos de comunicação	-0,65	-0,06	-0,21	-0,17	-0,21
Aparelhos/instrumentos médico-hospitalar, medida e óptico	-0,95	-0,11	-0,28	-0,23	-0,33
Automóveis, camionetas e utilitários	-1,26	-0,11	-0,47	-0,37	-0,31
Caminhões e ônibus	-1,39	-0,09	-0,47	-0,34	-0,49
Peças e acessórios para veículos aut.	-2,06	-0,12	-1,04	-0,32	-0,57
Outros equipamentos de transporte	-1,57	-0,09	-0,68	-0,27	-0,53
Móveis e produtos das indústrias diversas	-0,92	-0,12	-0,36	-0,22	-0,22
Eletricidade e gás	-6,84	-0,53	-2,98	-0,68	-2,66
Água, esgoto e limpeza urbana	-0,97	-0,12	-0,63	-0,10	-0,12
Construção	-0,52	-0,07	-0,25	-0,08	-0,12
Comércio	-0,76	-0,17	-0,26	-0,17	-0,16
Transporte, armazenagem e correio	-0,69	-0,14	-0,25	-0,13	-0,17
Serviços de informação	-0,37	-0,09	-0,15	-0,05	-0,07

(Continua)

(Continuação)

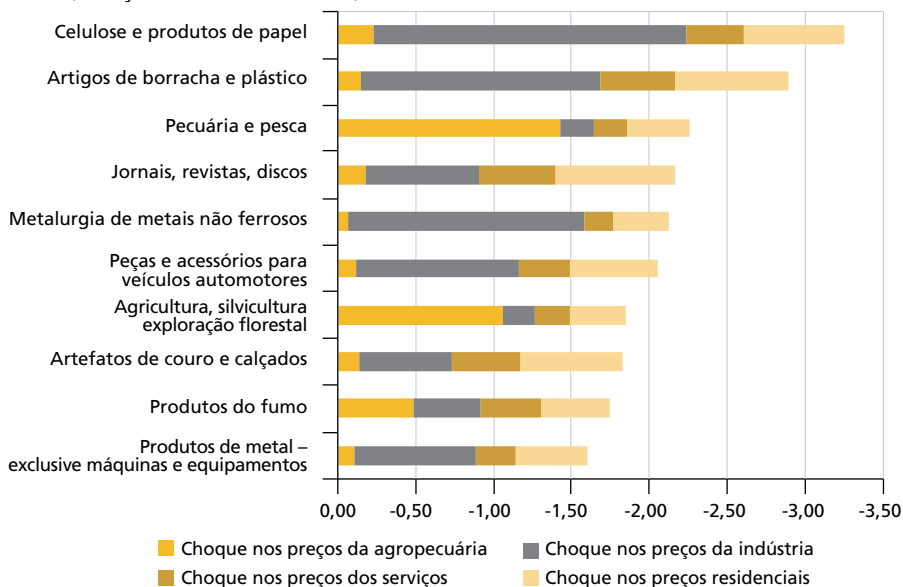
Impacto sobre o setor	Choque de tarifa por categoria de uso				
	Todos os choques	Rural (10%)	Industrial (10%)	Serviços (10%)	Residencial (10%)
Intermediação financeira e seguros	-0,35	-0,09	-0,16	-0,06	-0,04
Serviços imobiliários e aluguel	-0,41	-0,11	-0,20	-0,07	-0,02
Serviços de manutenção e reparação	-0,50	-0,11	-0,21	-0,11	-0,07
Serviços de alojamento e alimentação	-0,42	-0,12	-0,19	-0,08	-0,03
Serviços prestados às empresas	-0,36	-0,08	-0,12	-0,02	-0,15
Educação mercantil	-0,43	-0,12	-0,22	-0,08	-0,01
Saúde mercantil	-0,38	-0,11	-0,20	-0,08	0,00
Outros serviços	-0,58	-0,14	-0,24	-0,11	-0,09

Elaboração dos autores a partir dos resultados da simulação.

### GRÁFICO 4

#### Setores mais impactados em Minas Gerais com a elevação dos preços das tarifas de energia elétrica

(Variação, em % do PIB setorial)



Elaboração dos autores a partir dos resultados das simulações.

Obs.: Foram aplicados choques de 10% nos preços de energia para cada tipo de uso.

Os choques de preços do exercício anterior foram analisados para blocos de setores (agropecuária, indústria e serviços). O modelo permite que analisemos choques de energia para cada um dos 55 setores, identificando, assim, aqueles com maior impacto para a economia. Logo, aplicando o choque de preços para cada um dos setores do modelo é possível comparar quais são as atividades para as quais a elevação do preço da energia elétrica desencadearia maiores efeitos para a economia,

como ilustra a tabela 7. De forma geral, pode-se dizer que os setores que transmitem a elevação dos preços e, conseqüentemente, a queda no nível de atividade e consumo para o restante da economia, são aqueles com elevado uso de energia como proporção do valor da produção, com algumas exceções.

Entre os usuários rurais, a transmissão de efeitos é proeminente tanto para a agricultura, a silvicultura e a exploração florestal, quanto para a pecuária e a pesca, para os quais a elevação de 10% na tarifa de energia reduz o PIB mineiro em 0,08% e 0,09%, respectivamente, com efeitos similares sobre o consumo das famílias, e provocando elevação no IPC de 0,02% e 0,03%. Entre os setores industriais, a fabricação de aço e derivados se destaca, seguida em menores proporções por alimentos e bebidas e metalurgia de metais não ferrosos. Por sua vez, entre os serviços, o comércio desponta gerando uma redução de 0,10% no PIB, 0,09% no consumo das famílias e elevação de 0,06% no IPC. Ou seja, do ponto de vista de políticas públicas esses seriam setores para os quais elevações nas tarifas deveriam ser evitadas a fim de minimizar a transmissão de efeitos negativos para a economia de Minas Gerais como um todo.

**TABELA 7**  
**Efeitos de modificações setoriais de preços de energia sobre a economia de Minas Gerais**  
**(Variação, em %)**

Setor com choque de 10% no preço da energia	Energia/valor bruto da produção	Impacto do choque setorial sobre Minas Gerais		
		PIB	Consumo das famílias	IPC
Agricultura, silvicultura, exploração florestal	2,53	-0,08	-0,07	0,02
Pecuária e pesca	3,03	-0,09	-0,09	0,03
Minério de ferro	1,10	-0,01	-0,01	0,00
Outros da indústria extrativa	3,02	-0,01	-0,01	0,00
Alimentos e bebidas	0,76	-0,03	-0,03	0,01
Têxteis	3,02	-0,01	-0,01	0,01
Celulose e produtos de papel	3,07	-0,01	-0,01	0,00
Produtos químicos	1,29	-0,01	-0,01	0,00
Artigos de borracha e plástico	1,99	-0,01	-0,01	0,00
Cimento	1,97	-0,01	-0,01	0,00
Outros produtos de minerais não metálicos	2,18	-0,01	-0,01	0,01
Fabricação de aço e derivados	3,23	-0,09	-0,07	0,03
Metalurgia de metais não ferrosos	4,30	-0,03	-0,02	0,00
Produtos de metal – exclusive máquinas e equipamentos	1,17	-0,02	-0,01	0,00
Peças e acessórios para veículos automotores	1,42	-0,01	-0,01	0,00
Água, esgoto e limpeza urbana	9,59	-0,02	-0,02	0,02
Construção	0,08	-0,01	0,00	0,01
Comércio	1,69	-0,10	-0,09	0,06
Transporte, armazenagem e correio	0,50	-0,01	-0,01	0,01

Elaboração dos autores a partir dos resultados da simulação.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo analisou o impacto de elevações de preços de energia em Minas Gerais, utilizando um modelo de EGC especialmente capacitado para esta análise. Acreditamos que a metodologia empregada é a mais adequada quando se busca estudar os efeitos amplos de elevações de custo de energia na economia, considerando seus diferentes usos e as relações de cadeias produtivas.

Desde o início dos anos 2000 o setor elétrico brasileiro passa por mudanças de regulação que têm alterado a forma de definição e reajustes de tarifas. Concomitantemente, os anos de 2012 a 2014 representaram baixas médias pluviométricas, que afetaram a oferta hídrica de energia e implicaram utilização do fornecimento por térmicas. Este fator representou aumentos importantes no preço da energia, como os verificados no início de 2015.

Ao se analisar o impacto setorial dos preços da energia, os resultados permitem identificar elementos que podem subsidiar políticas de precificação de energia em Minas Gerais e no restante do Brasil. Notou-se que os efeitos indiretos do preço da energia sobre a economia são tão ou mais prejudiciais que os efeitos do aumento de preços sobre o consumo residencial de energia. Assim, ajustes de preços em direção ao consumo final tendem a ser menos negativos do que as elevações de preços de energia sobre setores produtivos, especialmente na indústria.

No caso da economia de Minas Gerais, os resultados indicaram que elevações de preços de energia sobre os setores de siderurgia, metalurgia, alimentos, pecuária, agricultura e comércio possuem maior impacto negativo na economia. Elevações de preços para os demais setores de serviços e para uso residencial têm impacto negativo inferior.

Resultados como esse reforçam a importância de análises detalhadas sobre os impactos econômicos de alterações nas tarifas setoriais de energia. Em setembro de 2015, o governo de Minas Gerais elevou a alíquota de Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) de energia de 18% para 25% para consumidores da classe comercial, serviços e outras atividades, como igrejas e entidades filantrópicas (Projeto de Lei nº 2.817/2015). A Secretaria da Fazenda admitiu que os objetivos dessa medida visavam aumentar a arrecadação do governo estadual. Tal escolha não esteve ancorada nos impactos econômicos potenciais da medida aplicada e suas consequências para diferentes setores e agentes econômicos.

O presente estudo fornece, portanto, *insights* relevantes sobre o desenho de políticas econômicas desse tipo, principalmente nas simulações em que foram projetadas modificações homogêneas. Neste caso, os resultados por usuário de energia passam a ser diretamente comparáveis, ou seja, pode-se inferir para qual tipo de uso a elevação de preços da energia produz impactos negativos mais significativos na economia, independentemente da variação absoluta observada nos preços.

Por fim, dado que Minas Gerais apresenta uma estrutura regional e produtiva similar à brasileira, resultados mais generalizados, como o efeito negativo do aumento das tarifas de energia elétrica sobre setores industriais, por exemplo, podem fornecer elementos para a regulamentação e a formulação de políticas públicas do setor, tanto a nível nacional quanto regional.

## REFERÊNCIAS

- AKKEMIK, K. A. Potential impacts of electricity price changes on price formation in the economy: a social accounting matrix price modeling analysis for Turkey. **Energy Policy**, v. 39, n. 2, p. 854-864, 2011.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Resultados por município**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/anfT1R>>. Acesso em: 27 fev. 2015.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Relatórios SAS**. Brasília: Aneel, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/3VoF49>>. Acesso em: 27 fev. 2015.
- BACELAR, T. A “questão regional” e a “questão nordestina”. In: TAVARES, M. C. (Org.). **Celso Furtado e o Brasil**. São Paulo: FPA, 2000.
- BONINI, M. R. Tarifas de energia elétrica: evolução nos últimos anos e perspectivas. **Boletim de Economia Fundap**, v. 8, p. 19-36, 2011.
- BROWN, S. P. A; YÜCEL, M. K. Energy prices and aggregate economic activity: an interpretative survey. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 42, n. 2, p. 193-208, 2002.
- CARVALHO, T. S. **Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia Legal brasileira**: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas. 2014. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- DIEESE – DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores**. São Paulo: Dieese, 2007. (Nota Técnica, n. 58).
- DIXON, P. B. *et al.* **A multisectoral model of the australian economy**. Amsterdam: North-Holland, 1982.
- DIXON, P.; RIMMER, M. **Dynamic general equilibrium modelling for forecasting and policy**: a practical guide and documentation of Monash. Cayton: Emerald, 2002.
- DOMINGUES, E. P. *et al.* World financial crisis in Brazil: industry and regional economic impacts. **Journal of International Business and Economics**, v. 2, p. 57-94, 2014.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional (BEN) 2015**. Relatório-síntese – ano-base 2014, 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2015.

FJP – FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Tabela de recursos e uso e matriz de insumo-produto de Minas Gerais**: 2008. Belo Horizonte: FJP, 2015.

HAN, S.-Y.; YOO, S.-H.; KWAK, S.-J. The role of the four electric power sectors in the Korean national economy: an input-output analysis. **Energy Policy**, v. 32, n. 13, p. 1531-1543, 2004.

HARRISON, W. J., HORRIDGE, M.; PEARSON, K. R. Decomposing simulation results with respect to exogenous shocks. **Computational Economics**, v. 15, n. 3, p. 227-249, 2000.

HE, Y. X. *et al.* Economic analysis of coal price-electricity price adjustment in China based on the CGE model. **Energy Policy**, v. 38, n. 11, p. 6629-6637, 2010.

HORRIDGE, J. M. **Preparing a term bottom-up regional database**. Melbourne: Monash University, 2006.

HORRIDGE, J. M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The impact of the 2002-2003 drought on Australia. **Journal of Policy Modeling**, v. 27, n. 3, p. 285-308, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema de Contas Nacionais**: matriz insumo-produto. Rio de Janeiro: IBGE, 2015a. Disponível em: <<https://goo.gl/ViTyZ>>. Acesso em: 3 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. **Contas Regionais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015b. Disponível em: <<https://goo.gl/Fkf8oe>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa de Orçamento Familiar**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015c. Disponível em: <<https://goo.gl/g4JEHT>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

\_\_\_\_\_. **Contas Nacionais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015d. Disponível em: <<https://goo.gl/MEQBde>>. Acesso em: 23 jan. 2015.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA EM ECONOMIA APLICADA. **Ipeadata**. Brasília: Ipea, 2015. Disponível em: <<https://goo.gl/9n7LD1>>. Acesso em: 23 fev. 2015.

KESSIDES, I. N. The impacts of electricity sector reforms in developing countries. **The Electricity Journal**, v. 25, n. 6, p. 79-88, 2012.

KRUGMAN, P. Scale economies, product differentiation, and the pattern of trade. **The American Economic Review**, v. 70, n. 5, p. 950-959, 1980.

MAGALHÃES, A. S. **Economia de baixo carbono no Brasil**: alternativas de políticas e custos de redução de emissões de gases de efeito estufa. 2013. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

MILLER, R.; BLAIR, P. **Input-output analysis: foundations and extensions**. New Jersey: Prentice-Hall, 2009.

NGUYEN, K. Q. Impacts of a rise in electricity tariff on prices of other products in Vietnam. **Energy Policy**, v. 36, n. 8, p. 3145-3149, 2008.

NIJKAMP, P.; PERRELS, A. Impacts of electricity rates on industrial location. **Energy Economics**, v. 10, n. 2, p. 107-116, 1988.

SANTOS, G. F. **Política energética e desigualdades regionais na economia brasileira**. 2010. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ZHAO, H.; YOU, P. The impact of electricity price adjustment on national economy based on SAM multiplier analysis. *In*: ICRMEM'08 – INTERNATIONAL CONFERENCE ON IEEE, 2008, Beijing. **Annals...** Beijing: IEEE, 2008. p. 339-343.

#### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Impactos econômicos da carteira de investimentos. *In*: \_\_\_\_\_. (Org.). **Estudo da Dimensão Territorial para o Planejamento**. Brasília: MPOG, 2008. volume VI.

FACHINELLO, A. L. **Avaliação do impacto econômico de possíveis surtos da gripe aviária no Brasil: uma análise de equilíbrio geral computável**. 2008. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HORRIDGE, J. M.; WITTWER, G. The economic impacts of a construction project, using SinoTerm, a multi-regional CGE model of China. **China Economic Review**, v. 19, n. 4, p. 628-634, 2008.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. A multi-regional representation of China's agricultural sectors. **China Agricultural Economic Review**, v. 1, n. 4, p. 420-434, 2009.

PAMBUDI, D.; SMYTH R. Making Indonesia more attractive to foreign investors: a computable general equilibrium analysis of reducing the risk premium in Central Java. **Review of Urban and Regional Development Studies**, v. 20, n. 3, p. 226-240, 2008.

SANTOS, C. V. **Política tributária, nível de atividade econômica e bem-estar: lições de um modelo de equilíbrio geral inter-regional**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WITTWER, G. **Economic modeling of water**. London: Springer, 2012.