



Efeitos Econômicos no Espírito Santo da Paralisação Parcial do Complexo Minero-Siderúrgico: uma abordagem de Equilíbrio Geral Computável

Área 4.2 – Economias Regionais e Urbanas

Celso Bissoli Sessa¹

Thiago Cavalcante Simonato²

Edson Paulo Domingues³

Ednilson Silva Felipe⁴

Érika de Andrade Silva Leal⁵

RESUMO: Esse artigo apresenta uma projeção dos impactos das paralisações parcial e total da mineração de ferro da Vale S.A. em Minas Gerais sobre a economia do Espírito Santo e regiões selecionadas. A produção de minério tem papel destacado numa cadeia produtiva inter-regional e a paralisação parcial das atividades do complexo minero-siderúrgico se constitui em um evento extremo com efeitos potencialmente significativos. Em termos metodológicos, é utilizado o modelo IMAGEM (*Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model*), configurado, para este trabalho, em 126 produtos/setores e 7 regiões: Espírito Santo, Minas Gerais, Pará, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo. Os resultados apresentados reforçam não só a intensa interdependência regional da economia do Espírito Santo com a exploração de minério em Minas Gerais, como também ressalta o transbordamento existente entre a atividade minerária e outros setores via relações de comércio intersetoriais e regionais, além dos impactos no investimento.

Palavras-Chave: *Commodities, Desigualdades Regionais, Equilíbrio Geral Computável.*

ABSTRACT: This article presents a projection of the impacts of the partial and total stoppages of Vale S.A.'s iron ore mining in Minas Gerais on the economy of Espírito Santo and selected regions. Ore production plays an important role in an inter-regional production chain and the partial stoppage of activities in the mining-steel complex is an extreme event with potentially significant effects. In methodological terms, the IMAGE model (*Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model*) is used, configured, for this work, in 126 products / sectors and 7 regions: Espírito Santo, Minas Gerais, Pará, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro and São Paulo. The results presented reinforce not only the intense regional interdependence of the Espírito Santo economy with the mining of ores in Minas Gerais, but also highlight the overflow between mining activity and other sectors via intersectoral and regional trade relations, in addition to the impacts on investment.

Keywords: *Commodities, Regional Inequalities, Computable General Equilibrium.*

JEL Classification: R11, R13, C68.

¹ Professor Adjunto do Departamento de Economia da UFES. E-mail: celso.sessa@ufes.br

² Doutorando em Economia no CEDEPLAR/UFMG. E-mail: thiagocavalcantesimonato@hotmail.com

³ Professor Associado do CEDEPLAR/UFMG. E-mail: eddomin@cedeplar.ufmg.br

⁴ Professor do Departamento de Economia da UFES. E-mail: ednilsonfelipe.ufes@gmail.com

⁵ Professora do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES). E-mail: professoraerikaleal@gmail.com

1. Introdução

No dia 25 de janeiro de 2019 houve o rompimento da barragem de rejeitos minerários do Córrego do Feijão, localizado no município de Brumadinho no Estado de Minas Gerais, decorrente das atividades da mineradora Vale. Dentre os principais impactos econômicos sobre a região diretamente atingida estão a interrupção da produção de minério de ferro no município e o decorrente impacto sobre o mercado de trabalho e sobre a arrecadação de impostos. A produção de minério tem papel destacado numa cadeia produtiva inter-regional, de modo que os efeitos da paralisação da atividade transbordam para outros setores e regiões.

A interdependência econômica dos Estados do Espírito Santo e Minas Gerais é destacada nessa cadeia. O Espírito Santo participa por meio da atividade de beneficiamento do minério, extraído principalmente em Minas Gerais, como também se constitui no principal escoador da produção de minério de ferro para o mercado externo.

A paralisação parcial das atividades do complexo minero-siderúrgico pode trazer consequências importantes para a economia do Espírito Santo. Há que se ressaltar o poder que esse complexo exerce na economia pelo grande volume de materiais e produtos movimentados, haja vista que a unidade básica é sempre medida em toneladas, e pela sua logística peculiar, que envolve estradas de ferro, estradas de rodagem, portos etc. Essas atividades são responsáveis por um grande volume, e uma correspondente variedade, de compras de bens e serviços, envolvendo uma enorme utilização de parceiros, o que contribui para a circulação monetária e para reforçar a especialização e a divisão do trabalho. Com isso, se observa a existência de um verdadeiro cluster de negócios em seu redor, com participação de pequenas e médias empresas, que se aproveitam da difusão de externalidades, uma vez que, sendo sua competitividade basicamente amparada nos custos reduzidos de produção, a eficiência produtiva se propaga para todos os participantes da cadeia produtiva. Por fim, não se pode deixar de mencionar o elevado volume de empregos diretos gerados e os correspondentes salários pagos, que representam um expressivo volume de poder de compra local, além do fato de que essas atividades são responsáveis pelos maiores salários médios dentre os setores produtivos.

Do ponto de vista econômico, o cenário anterior à paralisação apresenta uma ampla rede de interdependência produtiva que está sujeita a um sensível equilíbrio entre as relações de oferta e de demanda internas e externas ao Espírito Santo, ajustando não só a alocação de fatores, como os níveis de preço e produção setoriais. A paralisação parcial das atividades do complexo minero-siderúrgico se constitui em um evento extremo com efeitos potencialmente significativos sobre os agentes econômicos, comprometendo essa rede e levando a um novo cenário com novas condições de equilíbrio inferiores àquelas observadas anteriormente.

Diante de eventos extremos, a principal questão enfrentada é a identificação e a mensuração dos impactos econômicos regionais e setoriais gerados. Assim, o objetivo geral desse artigo é projetar os impactos das paralisações parcial e total da mineração de ferro da Vale S.A. em Minas Gerais sobre a economia do Espírito Santo e regiões selecionadas. A criteriosa avaliação econômica é essencial para apontar os setores e as atividades que, através das interdependências inerentes à economia capixaba, têm maior potencial de disseminação dos efeitos através da mudança nos padrões de comércio.

Em decorrência desses impactos, tem-se a redução de várias atividades econômicas do estado e, consequentemente, da redução da base tributária, especialmente considerando os encadeamentos que essa atividade minerária possui e a desaceleração que já vinha ocorrendo do setor em decorrência da queda do preço do minério de ferro no mercado internacional de *commodities*, como será melhor detalhado a seguir.

Sob uma perspectiva estritamente econômica, uma análise rigorosa requer a utilização de uma metodologia que considere, de maneira sistemática, as relações inter-regionais e intersetoriais. A articulação sistêmica dos diversos elementos relacionados ao tema de estudo pode ser obtida nos modelos de Equilíbrio Geral Computável (EGC). A detalhada estrutura teórica desses modelos é particularmente atraente, uma vez que reconhece explicitamente os canais inter-regionais do sistema econômico. Portanto, este artigo contribui para o entendimento dessas consequências e interdependências ao discutir o tema a partir de um modelo formal, que traz vários ganhos frente à literatura que faz análises exclusivamente qualitativas ou de equilíbrio parcial.

O artigo possui mais 05 seções além dessa introdução. A seguir, na seção 2 é apresentada a contextualização econômica mostrando a importância das *commodities*, em especial, o minério de ferro para a economia do Espírito Santo. Por meio das exportações de minério de ferro, o Espírito Santo se interliga internamente ao estado de Minas Gerais e ao exterior. Apresenta, ainda, considerações sobre modelos de equilíbrio geral computável, destacando sua relevância para abordar problemas de projeção de impactos e traz ilustrações de aplicações do modelo em diversos problemas, sobretudo os relacionados à economia brasileira. Na seção 3 é apresentada a metodologia do trabalho contendo a descrição e especificação do modelo. A estratégia da simulação, fechamento do modelo, relações causais e ajustes da simulação são apresentadas na seção 4. Em seguida, na seção 5 são apresentados os resultados e, na seção 6, são apresentadas as considerações finais.

2. Contextualização Econômica

2.1 Economia Capixaba e sua dependência das *commodities*

A trajetória histórica do Espírito Santo, marcada pelas intensas relações com o comércio internacional, erigiu uma estrutura econômica pouco diversificada e regionalmente concentrada. Pelo lado das exportações, o estado assumiu o papel de plataforma de oferta de *commodities* (minério de ferro, aço, celulose, café e, mais recentemente, petróleo e gás), registrando sistematicamente taxas de crescimento acima da média nacional. O elevado coeficiente de abertura comercial (aproximadamente de 50%) reflete diretamente a importância do comércio internacional para o Espírito Santo.

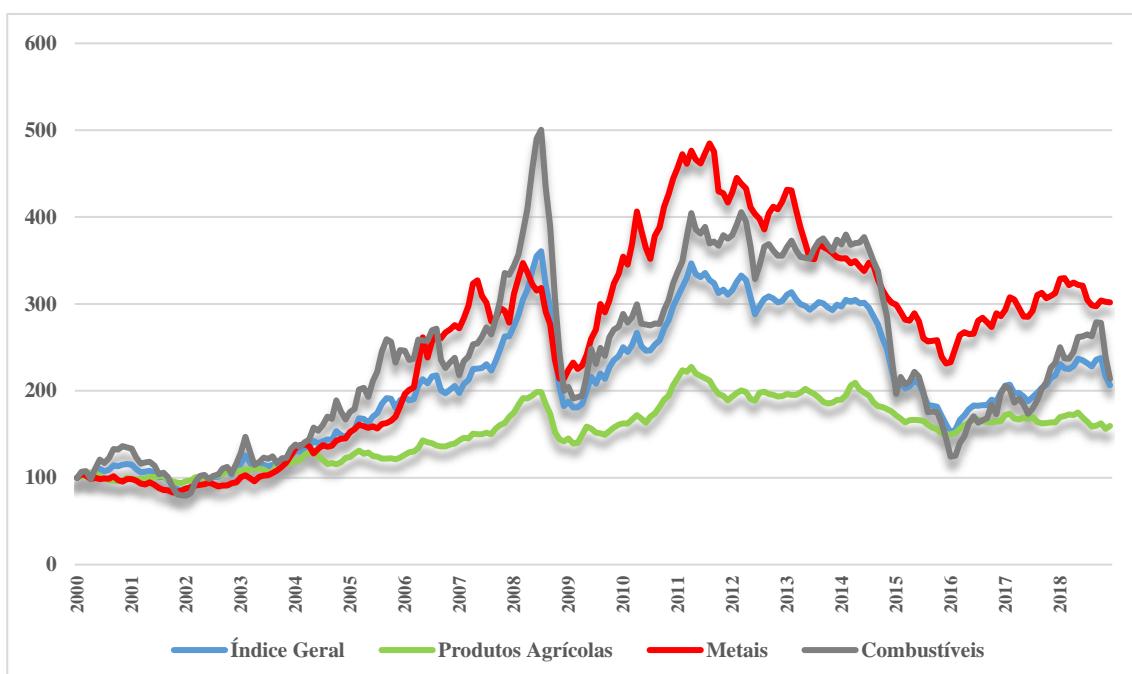
A implantação da CVRD (Vale) em 1942, para exportação do minério de ferro proveniente de Minas Gerais, reforçou o papel de entreposto comercial do Espírito Santo. Os investimentos do II PND, entre 1974 e 1979, intensificaram o crescimento econômico do estado com a construção do Porto de Tubarão e de cinco usinas de pelotização de minério de ferro, ambos pela CVRD, e a implantação da CST (ArcelorMittal), da Aracruz Celulose (Suzano) e da Samarco Mineradora e de seu porto.

Como os grandes projetos destinavam-se ao mercado externo, os investimentos foram realizados no litoral do estado e onde já havia uma infraestrutura logística montada. Esses grandes investimentos diversificaram a economia capixaba com o desenvolvimento de setores não tradicionais (metalurgia, mecânica, química e material de transporte). Assim, criou-se um complexo minero-siderúrgico com grandes vantagens locacionais, sendo a principal delas a proximidade com as minas de minério de ferro da Vale e seu acesso pela estrada de ferro Vitória-Minas. Além disso, o litoral de águas profundas possibilitava o atracamento de navios de grande porte que traziam o carvão mineral, principal fonte energética da siderurgia, e facilitava o escoamento da produção. Essa infraestrutura também estimulou o escoamento de outras cargas, notadamente a de grãos, expandindo a hinterlândia do Espírito Santo para o Centro-Oeste, Bahia, São Paulo e

Minas Gerais. Dessa forma, o estado consolidou sua especialização produtiva em *commodities*.

Na década de 1990, a desoneração do ICMS sobre as exportações de produtos primários e industrializados semielaborados (Lei Kandir) e a promoção aos grandes eixos de exportação fortaleceram os padrões de especialização do tipo “plataforma de exportação”. Nos anos 2000 houve a virada do comércio internacional em favor das *commodities* (Gráfico 1). Depois de quase três décadas de baixos preços, as *commodities* experimentaram um *boom* de preços sem precedentes, marcado pelo crescimento de grandes economias (China e Índia, acima de 4% ao ano, em média), pela disponibilidade de financiamento externo e por taxas de inflação relativamente baixas. Isso garantiu um bom desempenho econômico para o Brasil, mas especialmente para os estados exportadores como o Espírito Santo.

Gráfico 1 - Índice de Preços das *Commodities* (2000-2018)



Fonte: FMI. Elaboração própria.

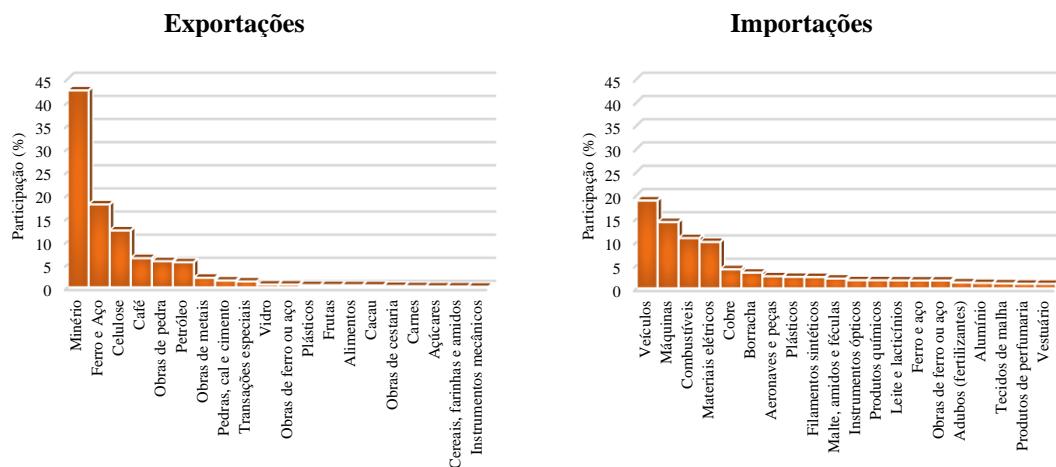
Descrição: Índice Base (2000 = 100)

Os preços internacionais das *commodities* apresentaram uma evolução significativa desde o ano 2000. Com a crise de 2008, os preços desses produtos foram reduzidos, mas a fase baixista desse ciclo teve vida curta e houve rápida recuperação e, mesmo após a desaceleração econômica associada à crise da zona do euro e ao menor ritmo de crescimento da China, esses preços ainda permaneceram em níveis bastante elevados por vários anos.

Esse ciclo de preços estimulou significativos investimentos nos setores produtores e exportadores de *commodities* no Espírito Santo. As indústrias extractiva e de transformação foram responsáveis por mais da metade desses investimentos, sendo que os principais projetos realizados corresponderam à expansão de capacidade e à modernização das grandes plantas industriais do estado: ArcelorMittal, Samarco, Vale, Suzano e Petrobras. A indústria extractiva superou a indústria de transformação em termos de importância relativa. Os investimentos realizados no Espírito Santo não foram apenas concentrados setorialmente na produção de *commodities*, mas também bastante

concentrados espacialmente, uma vez que mais de 90% do valor total investido foram direcionados para apenas três microrregiões: Metropolitana, Rio Doce e Litoral Sul.

Gráfico 2 - Pautas de Exportação e Importação do Espírito Santo (1990-2018)

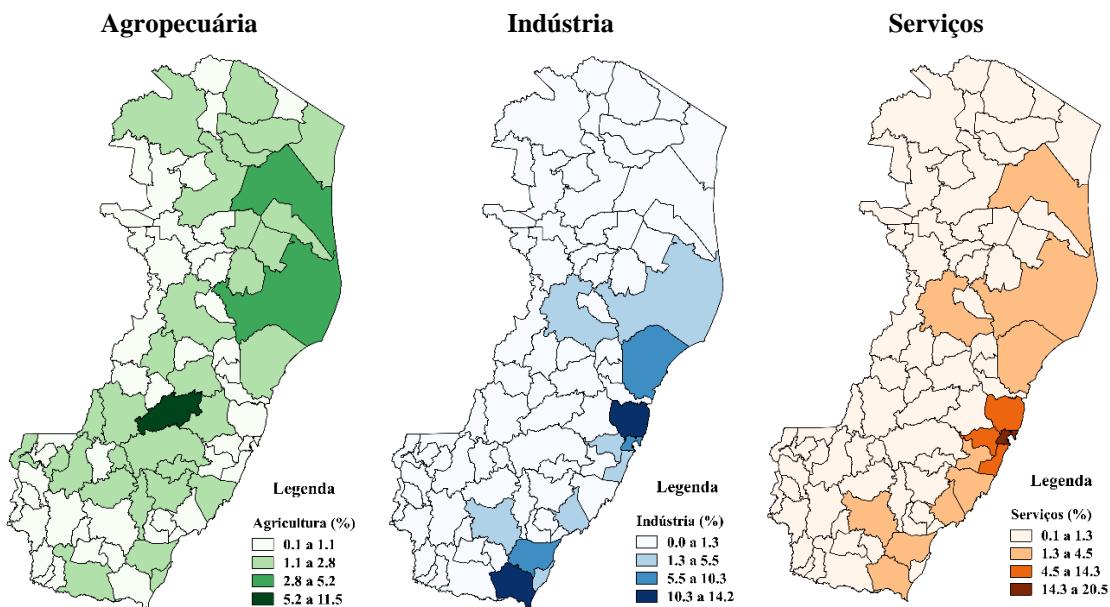


Fonte: SECEX/MDIC. Elaboração própria.

A trajetória histórica do Espírito Santo definiu uma estrutura econômica fortemente especializada e dependente do comércio internacional, o que pode ser constatado pela estrutura da pauta de exportação capixaba (Gráfico 2). A análise dos principais produtos exportados nos últimos 28 anos mostra que apenas 06 produtos (“big hits”) responderam por mais de 90% de todas as exportações, sendo que somente o minério de ferro aglomerado representou 42,6% do total. A pauta de exportação apresenta claramente uma distribuição do tipo cauda longa, apontando para padrões definidos de concentração e de especialização produtiva.

A distribuição regional do PIB setorial, especialmente o industrial, evidencia os impactos espaciais diferenciados no estado (Figura 1). O processo de desenvolvimento industrial, mais do que as atividades primárias ou terciárias, exerce muita influência nas desigualdades regionais, pois as indústrias com fortes relações intersetoriais são justamente as que apresentam as maiores tendências à concentração e à aglomeração, potencializando os movimentos de causação circular cumulativa. Essas economias de aglomeração são importantes justamente pelas vantagens geradas por concentrações de mercados consumidores, por concentrações de serviços, por concentrações de infraestrutura e por logística, gerando ganhos advindos das escalas dos mercados, da redução dos custos de transporte, dos custos de estocagem, dos custos de transações etc. As indústrias com relações intersetoriais mais fracas (menos verticalizadas), por outro lado, por serem mais suscetíveis aos fatores de expulsão das regiões mais centrais (custos elevados), tendem a se dispersar mais facilmente pelo território.

Figura 1 - Distribuição Regional do PIB no Espírito Santo (2015)



Fonte: IBGE. Elaboração própria.

Em resumo, o atual ciclo de desenvolvimento do Espírito Santo tem sido marcado por um processo de relativa diversificação, mas ainda concentrado na produção de *commodities* (“diversificação concentradora”).

2.2 Considerações sobre o Modelo de Equilíbrio Geral Computável

No âmbito econômico, alguns efeitos negativos relacionados ao evento se destacam como: comprometimento substancial de capital instalado; interrupção repentina da cadeia produtiva; e efeitos indiretos de curto e longo prazo. No geral, a projeção dos efeitos indiretos é limitada devido à escassez de estudos apropriados, cenário explicado, em grande medida, à natureza exclusiva de cada evento e a necessidade da análise em grande escala sobre toda a cadeia produtiva envolvida.

A avaliação dos efeitos econômicos diretos e indiretos apresenta grande dificuldade de mensuração sem o uso de instrumentos apropriados, devido às estruturas setorial e regional específicas da região em estudo. Eventos extremos têm impactos tanto sobre as variáveis endógenas e exógenas quanto também sobre as conexões entre elas. Embora, no geral, seja atribuído aos efeitos diretos maior destaque, devido em boa parte ao apelo visual das implicações imediatas, são os impactos indiretos que usualmente representam a maior porção dos efeitos econômicos negativos, sobretudo na perspectiva de longo prazo.

Uma das limitações nos trabalhos que visam projeções de longo prazo através de métodos descritivos é a incapacidade de distinguir efeitos que ocorreriam independentemente do evento estudado. Os impactos são complexos e muitas técnicas de modelagem não são capazes de lidar com tamanha mudança num intervalo tão curto de tempo e que não possui precedentes. Isso deixa em desvantagem técnicas com grande dependência de dados passados para as projeções e/ou técnicas pouco flexíveis com restrita capacidade de modelar grandes choques.

A adequada compreensão dos fenômenos econômicos envolve exercícios analíticos amplos. Considerando as diferenças metodológicas existentes entre as abordagens de equilíbrio parcial e de equilíbrio geral, a segunda abordagem se mostra

como quadro teórico mais apropriado para esta tarefa. Em equilíbrio parcial, os fenômenos econômicos em questão são analisados de forma isolada do restante do sistema econômico, de maneira que somente as correlações mais visíveis são estimadas e as demais inter-relações tendem a ser negligenciadas, a partir de suposições *ceteris paribus*, ou assumidas como secundárias. Em equilíbrio geral, por outro lado, os fenômenos econômicos são avaliados a partir de todas as suas interdependências e *feedbacks*, considerando os efeitos complementares e competitivos gerados entre setores e regiões, sendo que o equilíbrio em todas essas relações tem que ser obtido simultaneamente.

É importante ressaltar a capacidade de modelos de equilíbrio geral computável em compreender esses choques dada a especificação fortemente baseada na teoria econômica, que permite maior independência com relação à existência de experiência histórica equivalente. Efetivamente, esses impactos deverão repercutir sobre a estrutura geral de preços relativos da economia, impondo novas conformações nos cenários macroeconômicos, reorientações em decisões de investimentos e rearranjos estruturais nos mercados. Essas questões envolvem importantes aspectos micro e macroeconômicos que podem alterar a estrutura geral de preços relativos da economia, estimulando setores com estruturas e multiplicadores próprios e, portanto, impondo modificações ao cenário regional.

Um dos diferenciais dos modelos de EGC está na flexibilidade que apresentam. Essa característica se torna extremamente relevante quando se trata da avaliação de impactos, evidenciando a expressiva repercussão sobre os resultados da capacidade de ajustamento via mercado ou preços contido em modelos de EGC. Características como uma estrutura não linear, capacidade de resposta a mudanças de preços e as possibilidades de substituições e restrições de oferta são alguns dos pontos fortes desses modelos. Os modelos de equilíbrio geral têm se mostrado uma ferramenta com essas características, sendo utilizados em inúmeros estudos para o Brasil, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Aplicações do Modelo Equilíbrio Geral Computável no Brasil

| Autores | Aplicações | Ano |
|----------------------------------|---|------|
| Sousa e Hidalgo | Política de Comércio Exterior | 1998 |
| Fochezatto e Souza | Políticas de estabilização e reformas estruturais pós Plano Real | 2000 |
| Haddad e Domingues | Projeções setoriais para a economia brasileira | 2001 |
| Domingues, Magalhães e Faria | Projeção dos impactos do PAC em Minas Gerais | 2009 |
| Domingues et al. | Repercussões setoriais e regionais da crise de 2019 sobre a economia brasileira | 2010 |
| Shimizu | Impactos do Programa Minha Casa Minha Vida | 2010 |
| Domingues, Magalhães e Betarelli | Projeção dos impactos dos investimentos da Copa do Mundo | 2011 |
| Cabral e Gurgel | Impactos econômicos do desmatamento sobre o setor agropecuário e economia nacional | 2014 |
| Souza, Cardoso e Domingues | Impactos econômicos da desoneração da folha de pagamentos | 2016 |
| Sessa, Simonato e Domingues | Impactos do aumento da demanda externa por <i>commodities</i> sobre o desempenho econômico brasileiro | 2017 |
| Nazareth, Gurgel e Vieira | Teste empírico da validade da principal proposição do federalismo <i>market-preserving</i> (FMP) | 2019 |

Fonte: Elaboração própria.

3. Metodologia

Neste trabalho foi utilizado o modelo IMAGEM (*Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model*), na sua versão mais atualizada. É um modelo do tipo Johansen, no qual a estrutura matemática é representada por um conjunto de equações linearizadas e as soluções são obtidas na forma de taxas de crescimento. Nesta versão, a base de dados foi construída para o ano de 2015 a partir dos dados mais recentes das matrizes de Insumo-Produto do IBGE, Contas Regionais, RAIS, SECEX e outras fontes. O modelo está configurado, para este trabalho, em 126 produtos/setores e 7 regiões: Espírito Santo, Minas Gerais, Pará, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro e São Paulo. O IMAGEM é operacionalizado no programa GEMPACK (versão 12.0).

A base de dados do modelo guarda estreita similaridade com a matriz IP e segue a estrutura básica dos modelos de EGC (Figura 2). Na matriz de absorção são identificados os seguintes agentes econômicos: i) produtores domésticos; ii) investidores constituídos por I indústrias; iii) uma família representativa; iv) um consumidor representativo para as exportações; v) o governo e vi) variação dos estoques. As colunas revelam, portanto, o destino setorial dos produtos e as linhas apresentam a estrutura de compras realizadas por cada agente. Há três fatores de produção primários (capital, trabalho e terra) e dois setores de margens (comércio e transportes). Os bens produzidos têm como destino os 126 setores e os componentes da demanda final. Vale salientar que há a incidência de margens e impostos sobre o consumo de bens e serviços. Cada um dos 126 bens identificados no modelo pode ser obtido dentro da região, de outras regiões ou importadas de outros países.

Figura 2 - Base de Dados do Modelo IMAGEM

| Matriz de Absorção | | | | | | |
|----------------------|------------|--------------|----------|-------------|---------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| | Produtores | Investidores | Famílias | Exportações | Governo | Estoques |
| Dimensão | i | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Fluxos básicos | c^*s | V1BAS | V2BAS | V3BAS | V4BAS | V5BAS |
| Margens | c^*s^*m | V1MAR | V2MAR | V3MAR | V4MAR | V5MAR |
| Impostos | c^*s | V1TAX | V2TAX | V3TAX | V4TAX | V5TAX |
| Trabalho | 1 | V1LAB | | | | |
| Capital | 1 | V1CAP | | | | |
| Terra | 1 | V1LND | | | | |
| Impostos na produção | 1 | V1PTX | | | | |

c = bens (1,...,127)
 i = setores (1,...,127)
 f = famílias
 s = origem (doméstico, importado)
 m = margens (comércio, transporte)

| Matriz de Produção | |
|--------------------|------|
| Dimensão | i |
| c | MAKE |

| Impostos de Importação | |
|------------------------|-------|
| Dimensão | i |
| c | V0TAR |

Fonte: Elaboração própria com base no modelo IMAGEM.

As atividades que promovem o consumo intermediário dos bens (*COM*) são divididas a preços básicos (*BAS*), por fonte de origem nacional ou importado (*SRC*), por

margens de comércio e transporte (*MAR*) e quanto a três tipos de impostos (*TAX*), a saber: ICMS, IPI/ISS e outros.

A provisão de bens e serviços aos usuários finais é representada pelos investidores, famílias, exportações e outras demandas. As famílias, as exportações e outras demandas (representadas pela soma do consumo da administração pública e da variação de estoque) são representadas por apenas uma unidade representativa para cada. As linhas apresentam a estrutura de compras realizadas por cada agente representado nas colunas. Os bens são utilizados pelas indústrias como insumos para a produção corrente e para a formação de capital, são consumidos pelas famílias e pelos governos e/ou são exportados. Na coluna das exportações só aparecem os bens produzidos domesticamente, desconsiderando, dessa maneira, uma eventual exportação direta de bens importados. Do total de bens produzidos domesticamente, dois bens são utilizados como margem de serviços, os quais são utilizados na transferência dos bens entre vendedores e compradores. Além dos insumos intermediários, a produção corrente também faz uso de três categorias de fatores primários: trabalho, capital e terra.

A partir dos dados das matrizes descritas acima obtém-se a base de dados nacional para o modelo. Porém, para os objetivos estabelecidos neste trabalho, os dados nacionais devem ser desagregados em regiões, seguindo uma estrutura *bottom-up*. A desagregação, conhecida como processo de regionalização, segue o procedimento desenvolvido por (HORRIDGE, 2006) e consiste na criação da base de dados multirregional *bottom-up* a partir da utilização de *shares* regionais da produção setorial e dos componentes da demanda final.

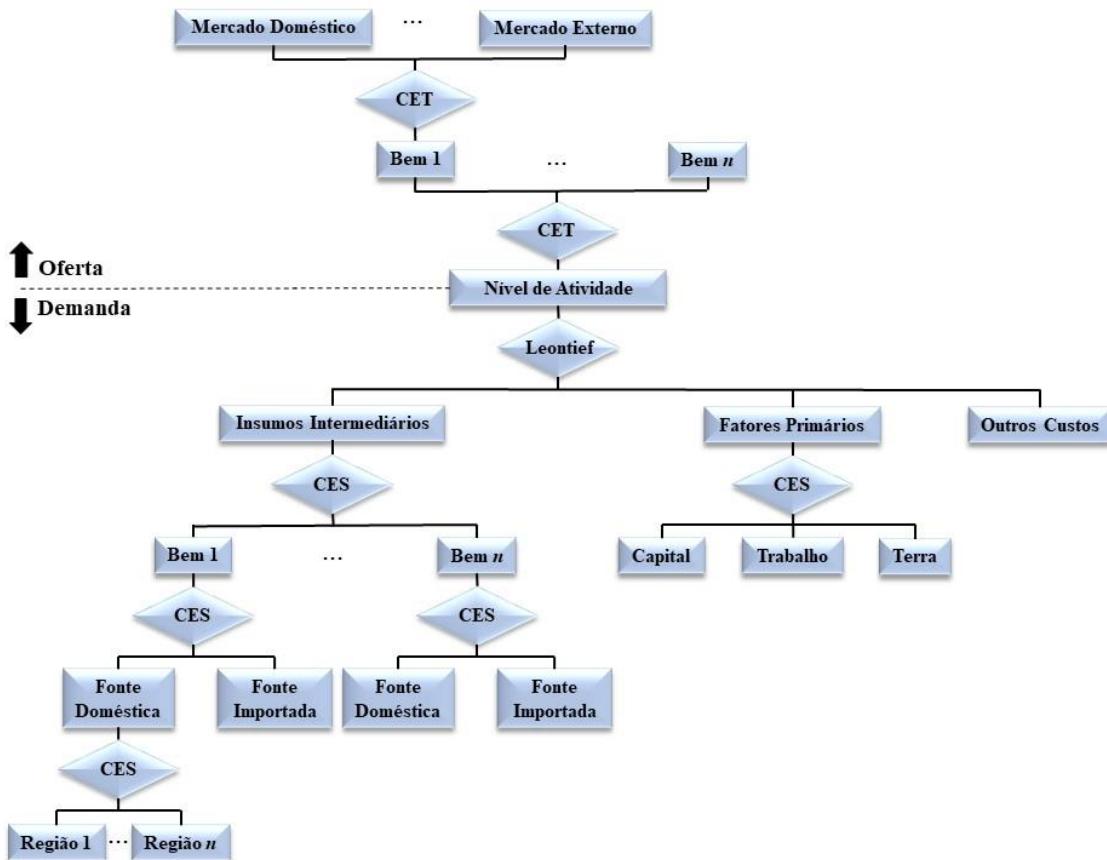
Na estrutura teórica do modelo (Figura 3), tem-se que as firmas, dotadas de uma determinada tecnologia de produção, demandam fatores de forma a minimizar seus custos, dada uma produção com retornos não crescentes de escala e fatores remunerados de acordo com sua taxa marginal de produtividade. Os consumidores maximizam a utilidade, sujeitos a restrições orçamentárias. Para facilitar a análise empírica, as formas funcionais geralmente usadas são a *Constant Elasticity of Substitution* (CES), a *Constant Elasticity of Transformation* (CET) e a *Linear Expenditure System* (LES). Essa combinação ocorre num ambiente de concorrência perfeita e satisfazendo a Lei de Walras, de forma que, para qualquer conjunto de preços, o valor total das despesas de consumo deve ser igual à renda dos consumidores.

Cada setor produz somente um produto e o nível de produção é determinado pela combinação de fatores primários (valor adicionado), insumos intermediários e outros custos (basicamente taxas e subsídios). Para os insumos primários, o produtor decide a composição entre capital, trabalho e terra. Para os insumos intermediários, o produtor decide a composição entre as *commodities* disponíveis e suas origens (doméstica ou importada). Em relação aos bens domésticos, o produtor escolhe ainda entre as diferentes regiões.

O nível de atividade (produção) é obtido a partir de uma combinação em proporções fixas (Leontief) da composição de fatores primários, insumos intermediários e outros custos. A função Leontief é equivalente a uma função de produção CES com a elasticidade de substituição igual a zero e, assim, considera-se que insumos primários, intermediários e outros custos são complementares perfeitos sem qualquer possibilidade de substituição.

A composição dos insumos intermediários envolve três níveis diferentes em que cada usuário minimiza seu custo utilizando uma função CES hierarquizada, na qual componentes podem ser substituídos a partir de uma elasticidade de substituição (há substituição via preços entre produto doméstico e importado). Várias hierarquias seguem este padrão, sendo que cada uma abrange uma equação de quantidade e uma de preço.

Figura 3 - Estrutura da Produção no Modelo IMAGEM



Fonte: Elaboração própria.

No primeiro nível, os diferentes bens são combinados. No segundo, cada um desses bens tem suas origens (doméstica ou importada) determinadas segundo elasticidades de Armington. Embora todos os setores apresentem a mesma especificação teórica, os efeitos substituição via preços se diferenciam de acordo com a composição doméstica/importada dos insumos utilizados. A CES implica adotar a hipótese de Armington de diferenciação de produtos, na qual produtos de diferentes origens (domésticas ou externas) são tratados como substitutos imperfeitos entre si. Logo, há possibilidade de substituição entre o insumo de origem doméstica e importada, de um lado, e entre trabalho e capital, de outro. Isso permite que o modelo apresente padrões de comércio intrasetoriais não especializados, uma importante regularidade empírica encontrada na literatura. No terceiro nível, os bens de origem doméstica são adquiridos das diferentes regiões também por uma função CES.

Todos os passos anteriores representam a demanda industrial ou setorial. A partir deste ponto, tem-se a oferta industrial ou setorial. A oferta de cada indústria é baseada em um processo de maximização de dois estágios. Primeiro, as firmas decidem sobre a combinação ótima de *commodities* que irão produzir segundo uma função de transformação com elasticidade constante (CET) e, em seguida, outra CET é empregada para dividir a oferta de bens entre o mercado doméstico e o externo. A função CET é semelhante a uma função CES. A diferença entre as duas, é que na função CET o parâmetro de transformação tem o sinal oposto ao da CES, ou seja, se uma *commodity* tiver seu preço aumentado em relação à média, será induzida a transformação em favor desse produto.

Os parâmetros comportamentais representam a forma como os agentes econômicos reagem a choques reais (níveis de atividade) e nominais (preços), ou seja, captam como os produtores ajustam a produção e, por consequência, suas demandas por insumo em resposta a mudanças no nível de produto e no preço dos insumos, ou ainda, como as famílias ajustam o nível de demanda e a composição da cesta de consumo em resposta a mudança no preço ao consumidor.

A estrutura teórica do IMAGEM foi apresentada em Domingues et. al. (2009, 2011) e utilizado em Barbieri et al. (2015) e Sessa, Simonato e Domingues (2016). Adaptações deste modelo também estão presentes em Sessa (2019), acerca dos efeitos do comércio exterior e da guerra fiscal sobre a desigualdade regional no Brasil e no Espírito Santo, e em Simonato (2016), sobre o impacto do desastre de Mariana.

Com todas essas especificações, o modelo de EGC permite, a partir de elasticidades de oferta imperfeitas e por meio de um conjunto de preços flexíveis (salários, preços dos produtos e taxa de câmbio), estabelecer o equilíbrio geral após o ajustamento dos mercados de fatores, de produtos e o externo, tornando todas as otimizações possíveis e consistentes.

A partir dessa estrutura, esses modelos podem captar as mudanças entre um equilíbrio e outro. Essencialmente, o que se faz em uma simulação com um modelo EGC é partir de um equilíbrio inicial do fluxo de renda da economia (*benchmark*) e, após uma perturbação exógena, chegar a outro equilíbrio. Dessa forma, os resultados das simulações se referem a comparações entre os dois equilíbrios.

Esse tipo de ferramenta é de grande utilidade, pois captura a interdependência entre os componentes de um cenário econômico (indústrias, famílias, investidores, governos, importadores e exportadores), revelando os efeitos diretos e indiretos advindos de perturbações exógenas.

Em resumo, os modelos de EGC são elaborados a partir de bases de dados consistentes, coerentes com a teoria econômica, compreendendo a economia como um sistema inter-relacionado em que o equilíbrio de todas as variáveis é determinado simultaneamente, permitindo que qualquer perturbação no sistema possa ser dimensionada. Eles têm, portanto, a virtude de possibilitar análises desagregadas e, com isso, capturar as principais interdependências do sistema econômico.

4. Simulação

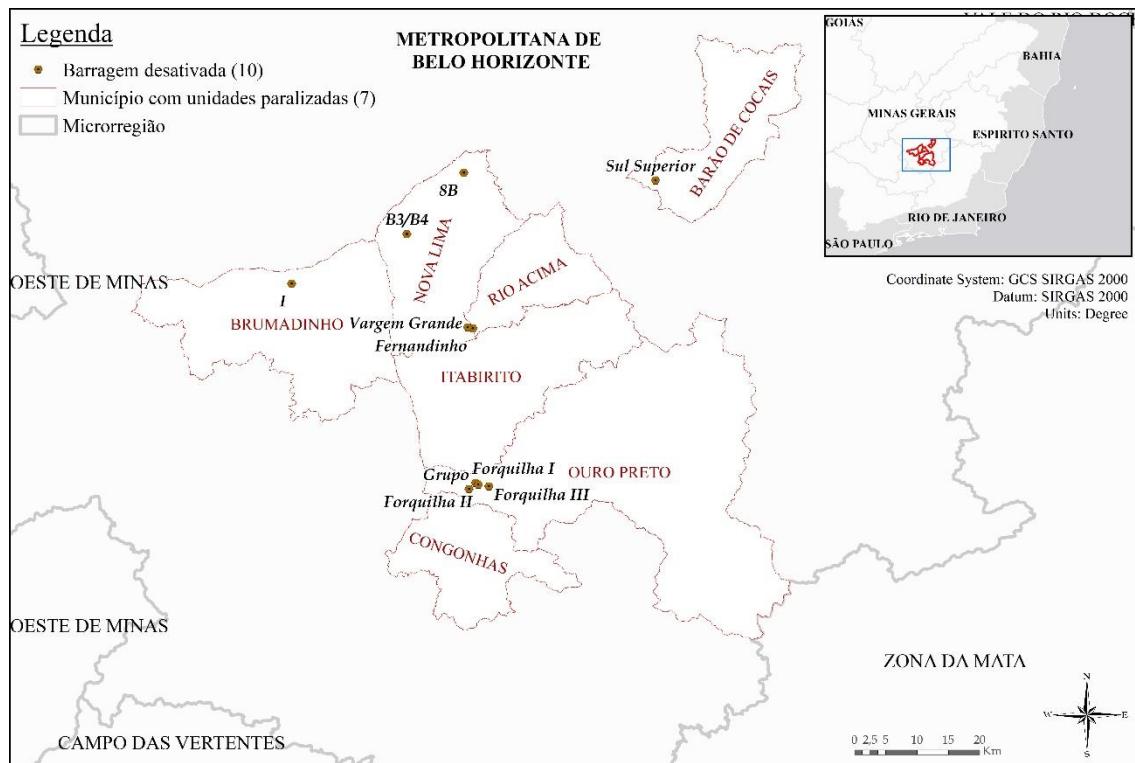
Como resultado da repercussão desse evento, a empresa anunciou a paralisação de parte de suas atividades nas localidades em que ela estaria operando com o mesmo tipo de barragem de Brumadinho. Além da unidade de Brumadinho, as unidades paralisadas estão distribuídas entre os municípios de Nova Lima, Congonhas, Sarzedo, Ouro Preto, Itabirito e Barão dos Cocais, todos localizados na Região Metropolitana de Belo Horizonte, como pode ser observado na Figura 4. A interrupção da atividade dessas unidades representa um corte de aproximadamente 92,8 milhões de toneladas de minério de ferro e pelotas, valor que representaria 24,13% da produção no Estado de Minas Gerais em 2015.

Segundo informações da empresa veiculadas na imprensa, o corte é de aproximadamente 5 milhões de toneladas na produção de pelotas de minério de ferro, a principal operação da Vale desempenhada no Espírito Santo, representando 9,6% da produção de minério de ferro no estado em 2015.

A divulgação de possíveis paralisações em diversas unidades de extração de minério da empresa Vale S.A localizadas no Estado de Minas Gerais tem sido frequente desde a ocorrência do evento. Diante disso, a estratégia de simulação abrange dois cenários: o primeiro, que considera as unidades paralisadas divulgadas oficialmente pela

empresa; e o segundo, que avalia a hipótese de paralisação de todas as unidades de extração de minério da empresa no Estado de Minas Gerais.

Figura 4 - Barragens Desativadas e Unidades Produtivas Paralisadas



Fonte: Elaboração própria. Dados DNPM (2019).

Além do corte de produção de minério de ferro nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo, os dois cenários também consideram a perda de arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) gerada pela interrupção da atividade nas unidades de exploração do recurso. A inclusão desse choque se justifica pelos seus efeitos sobre a oferta de bens públicos das esferas estadual e municipal, cenário que se apresenta ainda mais provável frente a situação fiscal dos estados, dos municípios e do governo federal.

Embora o Estado do Espírito Santo não conte com a atividade de exploração de minério e, portanto, com a arrecadação de CFEM, o objetivo é que os resultados obtidos para a economia do Espírito Santo considerem os efeitos tributários no Estado de Minas Gerais via reduções do gasto público. Os dados utilizados para a elaboração dos choques de cada cenário são baseados em informações divulgadas pela empresa ou obtidos de seus relatórios públicos.

Os modelos de equilíbrio geral compõem-se, tipicamente, por sistemas de equações sobre determinados, ou seja, nos quais o número de incógnitas (variáveis) supera o número de equações. Portanto, é fundamental definir previamente um número de variáveis exógenas suficiente para dotar o sistema de solução única. O fechamento do modelo significa exatamente o procedimento de definir quais variáveis serão endógenas e quais serão exógenas. Esta escolha não é aleatória, mas depende da visão teórica que se deseja aplicar ao modelo, e envolve o horizonte temporal hipotético das simulações, que se relaciona ao tempo necessário para a alteração das variáveis endógenas rumo ao novo equilíbrio. Serão simulados os impactos de curto prazo, em relação a uma situação em que esse corte de produção mineral não ocorresse, e de longo prazo, em que os planos de

investimento dos setores, a realocação de emprego e de capital são efetivados completamente. Os fechamentos utilizados implicam nas seguintes hipóteses:

Quadro 2 – Estratégia de Simulação (Fechamentos)

| Curto Prazo | Longo Prazo |
|--|---|
| A oferta de capital é fixa para todos os setores e regiões. | A oferta de capital é elástica em todos os setores e regiões, com taxas de retorno fixas (exógena). O investimento nacional é endógeno, obtido pela soma dos investimentos setoriais. |
| O emprego regional é endógeno (responde a variações no salário real regional) e emprego nacional fixo. | O emprego nacional é exógeno e o salário real nacional é endógeno. Dessa forma, há mobilidade inter-regional do fator trabalho, movido pelos diferenciais de salário real. |
| Consumo real ajusta-se endogenamente e segue a renda disponível. | O consumo real das famílias é endógeno e segue a variação do PIB em cada região (remuneração dos fatores). |
| Saldo comercial externo, como proporção do PIB, é endógeno. | Saldo comercial externo exógeno como proporção do PIB. |
| Gasto real do governo exógeno. | O consumo do governo é exógeno. |

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, antes da análise dos resultados, cabe explicar, sem se prender a detalhes específicos, as principais relações envolvidas nessa simulação de forma a tornar a análise menos complexa e mais elucidativa (Figura 5). O choque na quantidade de capital e de emprego do setor produtor de minério de ferro altera diretamente o volume de produção. A variação no volume produzido tem impacto direto sobre o equilíbrio entre oferta e demanda no mercado de bens (exceto os bens de margens), que se ajustam. Pelo lado da oferta, a capacidade produtiva se ajusta à nova estrutura de custos de produção devido às variações de preços. Pelo lado da demanda, as variações de preços alteram as preferências dos consumidores. Assim, no longo prazo, podem ocorrer ajustes sobre o consumo, sobre o investimento e sobre os fluxos comerciais inter-regionais. Tais fluxos, por certo, são influenciados pelas relações estabelecidas entre as regiões do modelo, pois uma região exportadora, ao reduzir suas exportações, também reduz as compras de insumos de outras regiões, propagando os efeitos iniciais do choque por toda a estrutura produtiva regional.

Figura 5 - Principais Relações Causais do Mecanismo de Ajuste da Simulação



Fonte: Elaboração própria.

Os pontos apresentados acima são uma simples forma de descrição dos encadeamentos que ocorrem após a implementação do choque. Não significam uma

sequência precisa de acontecimentos, pois em equilíbrio geral as modificações nos diversos mercados ocorrem simultaneamente.

5. Resultados

A apresentação dos resultados de impacto sobre a economia do Estado do Espírito Santo está dividida em duas seções que apresentam os valores obtidos para o cenário do Rompimento em Brumadinho e o cenário da paralisação total da atividade da Vale S.A no Estado do Espírito Santo e Minas Gerais. Cada seção explora os impactos sobre os principais indicadores econômicos do Estado, assim como os efeitos setoriais.

O horizonte temporal das projeções pode ser compreendido como um período de aproximadamente 2 a 3 anos para os resultados de curto prazo, enquanto que os resultados de longo prazo representam os impactos mais extensos dos choques de cada cenário, no qual consideram a efetivação completa dos planos de investimento setorial, realocação da mão-de-obra e de capital.

Os valores obtidos representam desvios em relação a trajetória natural da economia, ou seja, indicam a estimativa de impacto gerado pelos choques adotados em comparação com um cenário em que os choques não ocorressem.

Antes, porém, cabe advertir que os resultados obtidos neste artigo não representam previsões *strictu sensu* da economia, mas sim projeções sobre os impactos advindos especificamente de cada um dos cenários considerados. Esta advertência faz-se necessária porque os modelos de equilíbrio geral computável não são modelos de previsão econômica e sim modelos de projeção parametrizados. Embora sejam quantificados, os resultados devem ser interpretados mais do ponto de vista qualitativo, ou seja, em termos de direção e relações, do que propriamente do ponto de vista quantitativo exato. Em que pese esta consideração, fica clara a contribuição desses exercícios.

5.1 Cenário de paralisação parcial da mineração de ferro da Vale S.A. em Minas Gerais

A Tabela 1 exibe os impactos sobre os principais indicadores econômicos do Espírito Santo gerados num cenário de paralisação da atividade na mina do Córrego do Feijão, no município de Brumadinho. Esses resultados indicam os efeitos econômicos (variação) em relação a uma circunstância em que essa paralisação não ocorresse.

Tabela 1 – Impacto no Estado do Espírito Santo da paralisação parcial da mineração de ferro da Vale S.A. em Minas Gerais (var. % real)

| Indicador no Espírito Santo | Curto Prazo | Longo Prazo |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| PIB (var. % real) | -0,40 | -0,56 |
| Emprego (var. % real) | -0,28 | -0,19 |
| Consumo das Famílias (var. % real) | -0,16 | -0,49 |
| Investimento (var. % real) | -0,49 | -0,93 |
| Exportações (var. % real) | -8,23 | -8,18 |
| Importações (var. % real) | -0,91 | -1,51 |
| Pessoal ocupado (ocupações) | -2.580 | -1.720 |

Fonte: Resultados de simulações com o modelo IMAGEM.

Nesse cenário, a perda de atividade econômica no Estado do Espírito Santo decorrente desse choque é de 0,40%, com destaque para as exportações, investimento e consumo das famílias. Os efeitos sobre o emprego também são relevantes, no curto prazo,

sendo a perda de aproximadamente 2.580 postos de trabalho. Mesmo com a realocação setorial da mão-de-obra no longo prazo, a perda é de cerca de 1.720 postos de trabalho. Na conjuntura atual de baixo crescimento econômico, as perdas projetadas são significativas.

A economia do estado sofre não só com a redução do fluxo de minério para a exportação, como também com os efeitos negativos a montante e a jusante em outros setores interdependentes da atividade minerária. A transmissão desses efeitos pode ocorrer por meio da relação direta de compra e venda de insumos produtivos, serviços, energia e outros, como também da relação indireta por meio dos efeitos sobre a demanda final, gerados pela redução da renda via diminuição de salários e remunerações.

O consumo das famílias é, em muitos casos, considerado uma *proxy* para o bem-estar. A diminuição do consumo desestimularia a produção dos setores, provocando uma queda do investimento. Esse efeito se retroalimentaria porque esse desestímulo ao investimento reduziria a demanda por bens intermediários. Ao mesmo tempo, como uma parte significativa das importações são complementares à estrutura produtiva existente, a retração da atividade econômica dos setores afetaria negativamente as importações. Como as variações observadas seriam todas negativas, embora em diferentes magnitudes, o efeito real sobre o crescimento econômico seria também negativo.

Dado que a estrutura brasileira é heterogênea e, portanto, é importante analisar esses impactos em suas repercussões regionais. Os impactos regionais assumem maior relevância devido ao fechamento de longo prazo utilizado na simulação, que permite a ocorrência de efeitos de relocalização do capital e da mão-de-obra e, portanto, indicando uma nova geografia de regiões ganhadoras e perdedoras.

Tabela 2 – Impactos Regionais da paralisação parcial da mineração de ferro da Vale S.A. em Minas Gerais (var. % real)

| | MG | | PA | | MS | | RJ | | SP | | RBR | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CP | LP |
| PIB Real | -1,09 | -1,40 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 0,00 | -0,05 | -0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| Emprego | -0,77 | -0,56 | 0,05 | 0,09 | 0,02 | 0,05 | -0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,02 | 0,07 |
| Consumo | -0,60 | -1,23 | 0,12 | 0,07 | 0,09 | -0,02 | 0,02 | -0,12 | 0,07 | 0,02 | 0,09 | 0,02 |
| Investimento | -1,44 | -2,42 | 0,21 | 0,09 | 0,19 | 0,00 | 0,02 | -0,09 | 0,16 | 0,02 | 0,19 | 0,07 |
| Exportações | 0,35 | 0,56 | 0,05 | 0,28 | 0,02 | 0,19 | -3,02 | -2,93 | 0,07 | 0,28 | -0,37 | -0,19 |
| Importações | -2,19 | -3,00 | -0,07 | -0,65 | -0,16 | -0,81 | -0,33 | -0,74 | -0,12 | -0,56 | -0,09 | -0,63 |

Fonte: Resultados de simulações com o modelo IMAGEM.

É importante observar que, dadas as relações de complementariedade produtiva estabelecidas pelas regiões, algumas economias regionais se beneficiariam da alteração nos preços relativos, garantindo um resultado positivo, embora pequeno. Ou seja, seriam os ganhos obtidos por meio do fornecimento de bens para as demais regiões. As exportações podem levar a ganhos devido à ampliação do tamanho dos mercados consumidores.

Os impactos regionalizados no investimento mostram um padrão mais nítido de concentração nas regiões com elevada dependência da produção e da exportação de minério de ferro. A queda da produção tem implicações importantes ao reduzir as taxas de investimento e, portanto, de crescimento em longo prazo. A contração do investimento tem efeitos importantes sobre a demanda agregada e sobre o emprego, mas, principalmente, implica efeitos negativos sobre a produtividade ao postergar a adoção de métodos de produção baseados em um uso mais intensivo de capital e de tecnologia.

No caso do emprego, é importante observar que uma das simulações foi realizada a partir de um fechamento de longo prazo que considera o emprego regional endógeno e o emprego nacional fixo. Com isso, as regiões que ampliam a participação no emprego total o fazem em razão, necessariamente, da redução da participação de outras regiões, ou seja, o deslocamento relativo do fator trabalho entre as regiões, que se relaciona comumente à migração, resulta em soma zero. As variações regionais do emprego ocorrem pelos diferenciais de salário real.

O PIB das regiões é impactado diretamente pela variação da produção e, indiretamente, a partir de um multiplicador keynesiano da renda, do consumo e do investimento. Novamente, é importante observar que os resultados apresentados indicam apenas a variação do PIB real advinda apenas dos choques da produção de minério de ferro.

Tabela 3 – Impacto setorial no Espírito Santo da paralisação parcial da mineração de ferro da Vale S.A. em Minas Gerais (var. % real na produção)

| Setor no Espírito Santo | Curto Prazo | Longo Prazo |
|--|-------------|-------------|
| Maiores Variações Negativas | | |
| Minério de ferro | -22,32 | -22,32 |
| Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes | -1,02 | -1,30 |
| Obras de infraestrutura | -0,47 | -0,88 |
| Comércio por atacado e a varejo | -0,65 | -0,86 |
| Transporte de carga | -0,65 | -0,74 |
| Edificações | -0,23 | -0,67 |
| Pesquisa e desenvolvimento | -0,19 | -0,56 |
| Diesel - biodiesel | -0,51 | -0,53 |
| Organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos | -0,23 | -0,53 |
| Serviços jurídicos, contabilidade e consultoria | -0,37 | -0,51 |
| Maiores Variações Positivas | | |
| Naftas para petroquímica | 0,21 | 1,44 |
| Defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários | 0,42 | 1,37 |
| Componentes eletrônicos | 0,51 | 1,37 |
| Produtos químicos inorgânicos | 0,35 | 1,09 |
| Produtos químicos orgânicos | 0,21 | 0,98 |
| Produtos do fumo | 0,21 | 0,91 |
| Aeronaves, embarcações e outros equipamentos de transporte | 0,53 | 0,88 |
| Resinas, elastômeros e fibras artif. e sintéticas | 0,30 | 0,86 |
| Produtos da metalurgia de metais não-ferrosos | 0,30 | 0,86 |
| Serviços de alojamento em hotéis e similares | 0,33 | 0,86 |

Fonte: Resultados de simulações com o modelo IMAGEM.

Esse quadro fica evidente não só na análise dos indicadores econômicos como também do nível de atividade setorial (Tabela 3). Observa-se que os choques sobre as atividades da exploração de recursos naturais tiveram, predominantemente, maior efeito negativo sobre as atividades industriais do estado. Tratam-se de setores de caráter capital-intensivo, de modo que os cortes de produção na atividade minerária tendem a gerar efeitos negativos de curto prazo, decorrentes em boa parte das relações de venda setoriais, e efeitos negativos mais profundos no longo prazo, devido à mobilidade setorial e regional do capital tratar-se de um processo que tende a se maturar num período de tempo mais longo.

Esse panorama reforça não só a intensa interdependência regional da economia do Espírito Santo com a exploração de minério em Minas Gerais, como também ressalta o transbordamento existente entre a atividade minerária e outros setores via relações de comércio intersetoriais e regionais, além dos impactos sobre o investimento. O modelo de equilíbrio geral permite capturar estes efeitos.

5.2 Cenário de paralisação total da exploração de minério de ferro da Vale S.A nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais

Diante da frequente possibilidade de paralisação da extração de minério de ferro em diversas unidades de produção no Estado de Minas Gerais, o presente cenário busca projetar, de modo amplo, os efeitos da paralisação das unidades da empresa Vale S.A em todo o Estado de Minas Gerais e Espírito Santo. O objetivo é subsidiar a discussão da sensibilidade da economia capixaba às restrições de oferta no setor.

A Tabela 4 apresenta os impactos sobre os principais indicadores econômicos do Espírito Santo gerados pela paralisação da atividade da empresa Vale S.A. De acordo com os resultados, o PIB do Espírito Santo perderia -1,58% em decorrência desse choque, acompanhado da perda de aproximadamente 5 mil postos de trabalho.

Tabela 4 – Impacto no Espírito Santo da paralisação total da mineração de ferro da Vale S.A. no Espírito Santo e em Minas Gerais (var. % real)

| Indicador no Espírito Santo | Curto Prazo | Longo Prazo |
|------------------------------------|-------------|-------------|
| PIB (var. % real) | -1,21 | -1,58 |
| Emprego (var. % real) | -0,81 | -0,54 |
| Consumo das Famílias (var. % real) | -0,54 | -1,37 |
| Investimento (var. % real) | -1,59 | -2,56 |
| Exportações (var. % real) | -18,27 | -18,18 |
| Importações (var. % real) | -2,39 | -3,72 |
| Pessoal ocupado (ocupações) | -7.490 | -4.994 |

Fonte: Resultados de simulações com o modelo IMAGEM.

A queda acentuada das exportações do estado é explicada em boa parte pelo papel da região no escoamento da produção de minério produzido nos dois estados. Os resultados indicam uma queda acentuada no investimento, sobretudo no longo prazo, que pode ser explicado pelo efeito combinado da mobilidade do capital no longo prazo e do caráter capital-intensivo do setor de mineração, de modo que, frente ao desaquecimento contundente do setor, o investimento tende a ser direcionado para outras atividades.

Tabela 5 – Impactos regionais da paralisação total da mineração de ferro da Vale S.A. no Espírito Santo e em Minas Gerais (var. % real)

| | MG | | PA | | MS | | RJ | | SP | | RBR | |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | CP | LP |
| PIB Real | -2,55 | -3,14 | 0,06 | 0,09 | 0,03 | 0,00 | -0,11 | -0,22 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,05 |
| Emprego | -1,76 | -1,25 | 0,09 | 0,21 | 0,06 | 0,13 | -0,12 | 0,01 | 0,01 | 0,16 | 0,05 | 0,16 |
| Consumo | -1,35 | -2,75 | 0,24 | 0,12 | 0,22 | -0,03 | 0,03 | -0,28 | 0,16 | 0,02 | 0,21 | 0,03 |
| Investimento | -3,35 | -5,21 | 0,47 | 0,20 | 0,43 | 0,04 | 0,07 | -0,24 | 0,37 | 0,03 | 0,45 | 0,12 |
| Exportações | 0,78 | 1,25 | 0,09 | 0,63 | -0,02 | 0,37 | -6,92 | -6,67 | 0,15 | 0,66 | -0,92 | -0,46 |
| Importações | -4,72 | -6,47 | -0,16 | -1,49 | -0,35 | -1,82 | -0,72 | -1,68 | -0,21 | -1,26 | -0,18 | -1,43 |

Fonte: Resultados de simulações com o modelo IMAGEM.

Os choques implementados nesse cenário, de natureza mais contundente que no cenário anterior, reforçam a interdependência regional dos dois estados, assim como o destacado transbordamento da atividade minerária, exercida predominantemente em Minas Gerais, sobre a estrutura industrial do Espírito Santo (Tabela 5).

A magnitude dos impactos setoriais reflete as ligações existentes entre as atividades do complexo mínero-siderúrgico e a maior parte dos setores econômicos. Os produtos planos são utilizados em inúmeras aplicações, sendo que os principais consumidores são as indústrias produtoras de material de transporte (automobilística, ferroviária e naval), de máquinas e equipamentos, de eletrodomésticos, de tubos para construção pesada e de embalagens leves (latas) e pesadas (containers). Os laminados longos possuem aplicação diversificada como, por exemplo, na indústria metal-mecânica, mas é a construção civil (vergalhões, barras, perfis e trilhos) seu maior consumidor. O Espírito Santo, embora apresente baixo consumo interno de aço - especialmente por não possuir um setor desenvolvido ligado aos bens de consumo duráveis e de produção de bens de capital – registra variações setoriais importantes (Tabela 6).

Tabela 6 – Impacto no Espírito Santo da paralisação total da mineração de ferro da Vale S.A. no Espírito Santo e em Minas Gerais (var. % real na produção)

| Setor no Espírito Santo | Curto Prazo | Longo Prazo |
|--|-------------|-------------|
| Maiores Variações Negativas | | |
| Minério de ferro | -63,31 | -63,30 |
| Armazenamento e serviços auxiliares aos transportes | -2,75 | -3,51 |
| Obras de infraestrutura | -1,39 | -2,39 |
| Comércio por atacado e a varejo | -1,53 | -2,02 |
| Transporte de carga | -1,67 | -1,90 |
| Edificações | -0,78 | -1,77 |
| Organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos | -0,67 | -1,40 |
| Serviços jurídicos, contabilidade e consultoria | -0,98 | -1,37 |
| Serviços pessoais | -0,49 | -1,23 |
| Caminhões e ônibus, incl. cabines, carrocerias e reboques | -0,64 | -1,20 |
| Maiores Variações Positivas | | |
| Naftas para petroquímica | 0,47 | 3,36 |
| Componentes eletrônicos | 1,21 | 3,23 |
| Defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários | 1,00 | 3,21 |
| Produtos químicos inorgânicos | 0,79 | 2,58 |
| Produtos químicos orgânicos | 0,51 | 2,31 |
| Aeronaves, embarcações e outros equipamentos de transporte | 1,24 | 2,14 |
| Produtos do fumo | 0,47 | 2,11 |
| Resinas, elastômeros e fibras artif. e sintéticas | 0,74 | 2,09 |
| Serviços de alojamento em hotéis e similares | 0,75 | 2,09 |
| Minerais metálicos não-ferrosos | 0,77 | 2,07 |

Fonte: Resultados de simulações com o modelo IMAGEM.

Considerações Finais

A lógica de industrialização do Espírito Santo ensejou um modelo, reforçado nos últimos 60 anos, caracterizado por uma forte concentração setorial e espacial da dinâmica econômica. Dentre os setores que representam maior parte do PIB capixaba, o ligado ao minério de ferro é um dos mais significativos, o que acarretou, ao longo do tempo, uma

dependência relativamente forte de sua dinâmica, que se espalha para boa parte da economia capixaba. Nesse sentido, como ficou claro no texto, os choques sobre esse setor tendem a mexer tanto com a alocação dos investimentos produtivos no Espírito Santo quanto, e até por consequência, provocar variações em sua renda.

Como não poderia deixar de ser, nos momentos em que esses grandes setores são impactados, reacende-se as discussões sobre os limites e os riscos envolvidos na excessiva dependência estrutural que algumas regiões possuem da produção e da exportação de *commodities*, como é o caso do Espírito Santo. Na verdade, os acontecimentos recentes impõem novos desafios para o estado. A superação desse padrão, rumo ao crescimento econômico mais estável, requer a mudança estrutural em direção à diversificação setorial.

Ou seja, embora tenha havido, em algum grau, uma transformação e diversificação da economia capixaba e que até mesmo fez aumentar sua importância relativa na região Sudeste, esse movimento não removeu as contradições que nasceram junto com essa transformação. Isso deriva do fato de que tais transformações aconteceram sempre promovendo um aprofundamento de suas bases conservadoras, centradas em *commodities* e não no enraizamento da capacidade de inovar. Mesmo essa nova dinamização aconteceu basicamente liderada pela exploração de recursos naturais, na produção de *commodities* e no aproveitamento de vantagens comparativas estáticas, principalmente geográficas.

Essa situação claramente aponta para a necessidade de construção de uma outra estratégia de desenvolvimento que seja de natureza diversa daquelas até aqui implementadas. Ou seja, a diminuição da dependência da economia capixaba desses setores e a sua inserção mais competitiva em um outro patamar qualitativo somente se dará a partir da geração de novos conhecimentos e em novas formas de aprendizados que permitam maior diversificação da economia capixaba.

Referências

BARBIERI, A F.; GUEDES, G R.; NORONHA, K; QUEIROZ, B L.; DOMINGUES, E P.; RIGOTTI, J IRINEU R.; CHEIN, F; CORTEZZI, F; CONFALONIERI, U E.; SOUZA, K. Population transitions and temperature change in Minas Gerais, Brazil: a multidimensional approach. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v.32, p.461 - 488, 2015.

CABRAL, de Souza Rodrigues Carolina; GURGEL, Angelo Costa. **Análise econômica da limitação do desmatamento no Brasil utilizando um modelo de equilíbrio geral computável**. Anais do Encontro Nacional de Economia (ANPEC).

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A S.; BETARELLI, A. Quanto vale o show? Impactos econômicos dos investimentos da Copa do Mundo 2014 no Brasil. *Estudos Econômicos*, v.41, p.4009 - 439, 2011.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A S.; FARIA, W. R. Infra-estrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do PAC em Minas Gerais. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v.39, p.121 - 158, 2009.

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI JUNIOR, A. A.; MAGALHÃES, A. S.; CARVALHO, T. S.; SANTIAGO, F. S. **Repercussões setoriais e regionais da crise econômica de 2009 no Brasil**: simulações em um modelo de equilíbrio geral computável de dinâmica recursiva. 390. ed. Belo Horizonte: Cedeplar, 2010. 32 p. (IV).

DOMINGUES, E. P.; BETARELLI JUNIOR, A. A.; MAGALHÃES, A. S. **Copa do Mundo 2014: impactos econômicos do brasil, em minas gerais e belo horizonte.** 382. ed. Belo Horizonte: Cedeplar, 2010. 29 p. (V).

DOMINGUES, E.; MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do programa de aceleração do crescimento (PAC) em Minas Gerais. **Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE)**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 01, p. 121-158, abr. 2009. Quadrimestral.

FMI. Fundo Monetário Internacional. **Estatísticas Mundiais de Commodities**. Disponível em: <<https://www.imf.org/en/Data>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

FOCHEZATTO, A.; SOUZA, N. de J. de. Estabilização e reformas estruturais no Brasil após Plano Real: uma análise de equilíbrio geral computável. **Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE)**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 3, p. 395-426, dez. 2000. Quadrimestral.

HADDAD, Eduardo Amaral; DOMINGUES, Edson P. EFES - Um modelo aplicado de equilíbrio geral para a economia brasileira: projeções setoriais para 1999-2004. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 89-125, 01 mar. 2001. Trimestral.

HORRIDGE, J. M. **Preparing a TERM bottom-up regional database**. Centre of Policy Studies. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estatísticas Diversas**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

NAZARETH, M. S.; GURGEL, A. C.; VIEIRA, W. da C. Federalismo Fiscal Market-Preserving: uma análise de equilíbrio geral computável para o brasil. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, [S.L.], v. 49, n. 2, p. 265-304, abr. 2019.

SECEX/MDIC. Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (SECEX/MDIC). **Estatísticas de Comércio Exterior**. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

SESSA, C. B. Comércio Exterior, Guerra Fiscal e Dinâmica Regional Assimétrica no Brasil e no Espírito Santo. *Tese (Economia)* - Universidade Federal de Minas Gerais. 2019.

SESSA, C. B.; SIMONATO, T. C.; DOMINGUES, E. P. O Ciclo das Commodities e Crescimento Regional Desigual no Brasil: uma aplicação de Equilíbrio Geral Computável (EGC). *Anais do 44º Encontro Nacional de Economia - ANPEC*, 2016.

SHIMIZU, Júlio Yukio. **Projeção de impactos econômicos do Programa Minha Casa, Minha Vida**: uma abordagem de equilíbrio geral computável. 2010. 89 f. Dissertação (Economia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

SIMONATO, T. C. **Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG**. 2017. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2017.

SOUZA, M. da C. S.; HIDALGO, A. B. Um modelo de equilíbrio geral computável para o estudo de políticas de comércio exterior no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico (PPE)**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 379-400, ago. 1988. Quadrimestral.

SOUZA, K. B.; CARDOSO, D. F.; DOMINGUES, E. P. Medidas recentes de desoneração tributária no Brasil: uma análise de equilíbrio geral computável. **Revista Brasileira de Economia**, [S.L.], v. 70, n. 1, p. 99-125, 30 mar. 2016.