

# Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG

Thiago Cavalcante Simonato\*

Edson Paulo Domingues†

Aline Souza Magalhães‡

## RESUMO

Diante das profundas perdas e danos gerados pelo Desastre Minerário de Mariana, ocorrido no dia 5 de novembro de 2015, foi desenvolvido um modelo dinâmico de Equilíbrio Geral Computável especialmente construído para capturar os impactos econômicos regionais do evento no período de 2016 a 2020. Os resultados indicaram que o período de cinco anos adotado mostra-se insuficiente para a retomada dos níveis de produção, consumo das famílias, emprego, investimento e comércio apresentados antes do evento, mesmo na hipótese de retomada da produção de minério no município de Mariana em 2018.

Palavras-chave: Desastre de Mariana, Equilíbrio Geral Computável, Economia Regional.

## ABSTRACT

In face of the deep losses and damages caused by the disaster in Mariana, on November 5th, 2015, was developed a dynamic model of Computable General Equilibrium, specially built to capture the regional economic impacts in the period from 2016 to 2020. The results indicate that, generally, the five-year post-disaster were insufficient for the retake of production, family consumption, employment, investment and trade, even in the event of the resumption of the total Mariana production in 2018.

Keywords: Mariana Disaster; Computable General Equilibrium; Regional Economics.

JEL Classification: Q51; R13; C68.

## Área 11: Economia Agrícola e do Meio Ambiente.

---

\* Doutorando em Economia no CEDEPLAR/UFMG.

† Doutor em Economia pela FEA/USP e professor do CEDEPLAR/UFMG.

‡ Doutora em Economia pelo CEDEPLAR/UFMG e professora do CEDEPLAR/UFMG.

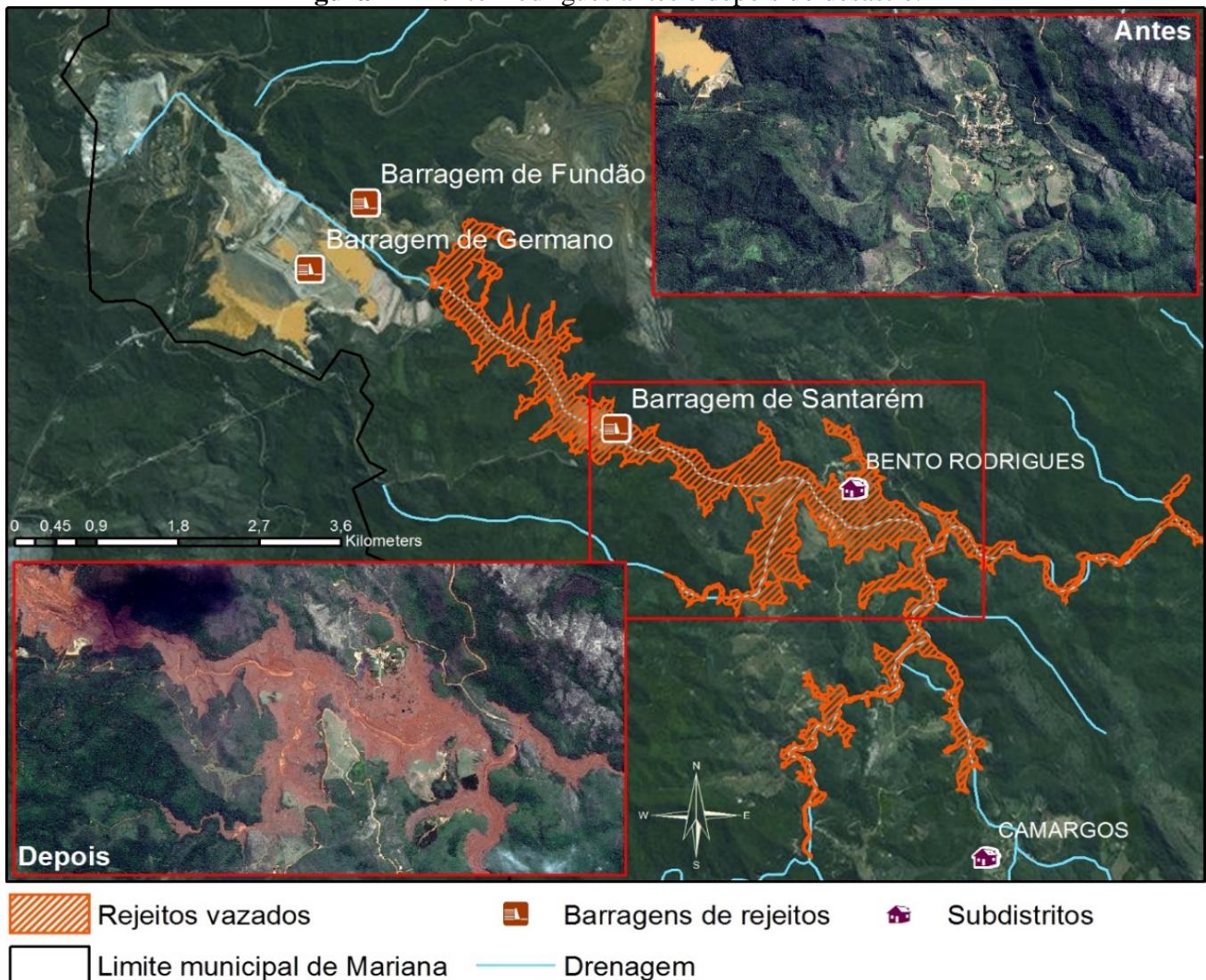
## 1. Introdução

A história do Brasil tem forte conexão com o esforço pela busca e exploração dos bens naturais do seu território, principalmente bens minerais, que contribuíram de maneira decisiva para a ocupação territorial do país e para o desenvolvimento econômico (FARIAS; COELHO, 2002). Nesse contexto, o Estado de Minas Gerais com sua destacada disponibilidade de recursos naturais teve papel destacado no desenvolvimento econômico e regional do país e serve como importante experiência para a avaliação das relações e efeitos da mineração sobre o desenvolvimento regional e urbanização.

Ainda em 2015, o Estado era responsável por 45,6% das exportações brasileiras de minério de ferro, destacando-se entre os municípios mineradores do Estado o município de Mariana que apresentou o maior volume de arrecadação de CFEM (operação) no período de janeiro a outubro de 2015 (DNPM, 2016).

Na tarde do dia 5 de novembro de 2015 o rompimento de um dos diques da barragem de rejeitos de Fundão da mineradora Samarco Mineração S.A., localizado no município de Mariana no estado de Minas Gerais, lançou uma enxurrada de lama e rejeitos minerários sobre a Bacia do Rio Doce, com grandes danos materiais, ambientais e humanos. O desastre foi considerado como violador dos direitos humanos pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015).

**Figura 1 – Bento Rodrigues antes e depois do desastre.**



Fonte: Elaboração própria. Dados do Instituto Prístino e IBAMA.

O volume do vazamento, que atingiu cerca de 60 milhões de metros cúbicos de rejeitos liquefeitos, percorreu 663km de distância, escoando pelos rios Guadalupe do Norte e Carmo antes de atingir o rio Doce e, finalmente, invadir 80km<sup>2</sup> no mar a partir de sua foz. A avalanche de lama causou a perda de 19 vidas e deixou 1200 desabrigados, destruiu ao menos 1469 hectares de terras, além de uma série de outros danos ambientais e econômicos, com forte repercussão na mídia e sobre órgãos públicos, institutos de pesquisa,

universidades e instituições independentes, trinta e cinco municípios ficaram em situação de emergência ou calamidade pública (ANA, 2015; IBAMA, 2015).

A Bacia do rio Doce abrange o Estado de Minas Gerais (86%) e Espírito Santo (14%), na região sudeste do país, compreendendo 225 municípios (200 mineiros e 25 capixabas) se constitui na quinta maior bacia do Brasil. Se destaca pela sua disponibilidade hídrica e biodiversidade, com sua área inserida predominantemente no bioma da Mata Atlântica (98%), e parte no Cerrado (2%), possuindo papel fundamental para os mais diversos tipos de uso do solo na região (ANA, 2015).

Como pode ser observado na [Figura 1](#), o principal subdistrito atingido foi Bento Rodrigues que fica a 2 km de distância da barragem de Santarém e 6 km da barragem do Fundão, rompida no desastre. Teve seus danos em maior escala quando comparado a outros devido, principalmente, a sua localização aproximada de onde ocorreu o vazamento e também pelo relevo da região.

Os principais impactos diretos se referem aos danos à infraestrutura urbana (pública e privada) e rural (morte de animais, perda de máquinas e equipamentos agrícolas, perdas de lavouras e paralisação da produção rural). Somam-se a isso os gastos, especialmente públicos, vinculados às ações emergenciais para mitigar o impacto imediato do desastre sobre a população (abastecimento de água, geração de energia elétrica, abrigo e alimentação). Ressalta-se que esses impactos apresentados correspondem, em boa medida, ao trecho de aproximadamente 77 quilômetros em que a onda de lama causou maior efeito destrutivo por extrapolar a calha dos rios (ANA, 2015; IBAMA, 2015). De acordo com SEDRU/MG (2016), a lama escoada à jusante do local do rompimento atingiu diretamente 35 municípios mineiros.

Dentre os diversos efeitos ambientais e sociais negativos já verificados em decorrência do desastre é possível incluir ainda uma série de outros impactos diretos de menor escala, bem como indicar vários outros impactos indiretos em decorrência desses primeiros. No âmbito econômico, pode-se apontar a destruição de estruturas públicas e privadas (edificações, pontes, ruas etc.), redução de várias atividades econômicas das regiões afetadas nos dois estados (agricultura, pecuária, pesca, turismo, comércio) e, consequentemente, do aumento do desemprego e da redução da base tributária, especialmente a advinda da interrupção da produção minerária (considerando os encadeamentos que essa atividade 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) (ANA, 2015; IBAMA, 2015).

Boa parte da literatura internacional sobre o tema faz uso de modelagens econômicas para projetar as perdas, em termos de produto ou renda, limitadas a região diretamente atingida pelo evento (CAVALLO; NOY, 2010). Apesar da relevante contribuição dessa abordagem, a oportunidade de ampliar o escopo do estudo incluindo a análise dos efeitos inter-regionais gerados sob outras regiões, deve ser aproveitada.

Para tal, utiliza-se um modelo dinâmico regional de Equilíbrio Geral Computável (EGC) capacitado à análise dos impactos econômicos nas regiões afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão, no município de Mariana-MG. Dentre os impactos que podem ser estimados, destacam-se aqueles sobre o nível produção, emprego, renda e comércio, além das mudanças na estrutura produtiva setorial, tomando duas hipóteses distintas: i) interrupção imediata e definitiva da produção de minério localizada no município de Mariana e ii) interrupção imediata e posterior retomada plena da produção de minério no município de Mariana.

## 2. Metodologia

### 2.1 O Modelo DamAge

O Modelo DamAge (*Dynamic Applied Mining General Equilibrium Model*), utilizado neste trabalho, foi construído especialmente para projetar as perdas diretas e indiretas ocorridas devido ao desastre em Mariana - MG decorrentes dos prejuízos sociais, financeiros e de propriedade, bem como os efeitos diretos e indiretos das políticas de mitigação dos danos e recomposição econômica.

Como em outros modelos multiregionais de Equilíbrio Geral Computável, o Modelo DamAge apresenta metodologia capaz de projetar impactos de choques econômicos localizados geograficamente ao longo da região afetada. Essa competência decorre principalmente da consideração das características estruturais e inter-regionais do sistema econômico em grande escala de forma integrada e consistente. Sendo *bottom-up*, permite simular cenários que geram efeitos sobre os preços específicos das regiões, além de considerar a mobilidade regional e setorial dos fatores diante desses cenários.

O Modelo DamAge tem como base o modelo *bottom-up* australiano TERM (*The Enormous Regional Model*) (HORRIDGE, 2012), que por sua vez, tem como origem o modelo ORANI (DIXON, 1982). O modelo possui 51.753 variáveis, sendo 16.150 exógenas e 35.603 endógenas, que compõem um total 36.603 equações.

De modo geral, o modelo DamAge 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. Também ocorre substituição entre capital e trabalho na composição dos fatores primários por meio de funções CES.

O modelo possui especificações de dinâmica recursiva. Oscilações no investimento e no estoque de capital acompanham mecanismos de acumulação e de conexão intersetorial com diretrizes preestabelecidas relacionadas a depreciação e taxas de retorno, de modo que os fluxos anuais de investimento estão diretamente relacionados ao estoque de capital.

## 2.2 Base de Dados

A base de dados do modelo DamAge foi construída por meio de um procedimento de regionalização a partir de um grande conjunto de dados nacionais e regionais. O procedimento se baseou na metodologia proposta em Horridge (2006), adaptado para o caso brasileiro. A base de dados principal parte da Matriz de Insumo Produto Nacional para 2013, estimada a partir das Tabelas de Recursos e Usos (IBGE, 2013).

O Modelo DamAge se diferencia pelo modo como foi definida sua regionalização. Esta é uma questão importante pois, como discutido anteriormente, o local onde ocorreu o desastre está inserido numa região extremamente heterogênea, sobretudo economicamente, tanto no que se refere ao nível de produto de cada município quanto em sua vocação setorial na produção.

Diante disso, tendo em vista o objetivo de compreender como se dá o processo de propagação regional dos efeitos negativos do evento, a seleção das regiões para o processo de regionalização foi feita seguindo 3 critérios principais:

- a) Regiões que compõem o trecho do rio Doce contaminado pelo rejeito de minério;
- b) Regiões próximas ao desastre que apresentam relevante participação da produção de minério de ferro na composição do seu PIB;
- c) Regiões com intenso fluxo comercial com as anteriores

Para o item (c) foi tomado como referência o valor do total comercializado por cada região, ou seja, a soma da oferta e demanda de produtos da região alvo em relação a todas as outras regiões do modelo, obtidos na matriz de comércio regional (TRADE) gerada durante o procedimento computacional de regionalização e construção da base de dados do modelo. O cálculo é baseado no método gravitacional, no qual o volume de comércio é inversamente proporcional à distância entre as regiões que compõe tal fluxo.

Dados utilizados no processo de regionalização como a matriz de distâncias<sup>4</sup>, dados de produção por produto e região, população por região e importação nacional por produto e porto de entrada, são utilizados no cálculo da matriz de comércio, bem como métodos de correção e consistência descritos mais detalhadamente em Horridge (2012). Para a análise visual dessa questão, foi feita a associação via interpolação<sup>5</sup> dos dados de comércio total com a localização georreferenciada dos centros comerciais, representada na Figura 2.

<sup>4</sup> Foi estimado o tempo de deslocamento entre as regiões consideradas no modelo através de uma rotina customizada para Application Programming Interface (API) no Google Maps Platform. Mais detalhes em <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/intro?hl=en-us>.

<sup>5</sup> A interpolação de pontos com planos pode ser realizada ponderando o valor total da magnitude tomada como referência (nesse caso, total comercializado) pelo o inverso da distância.

**Figura 2 – Distribuição espacial do total comercializado nas regiões.**



Fonte: Elaboração própria. Dados do Modelo DamAge.

Após a identificação dessas características, a determinação do nível de agregação regional foi realizada considerando o nível municipal para aquelas regiões diretamente afetadas pelo desastre e nível macro-regional ou estadual para aquelas que apresentam forte conexão comercial ou setorial (produção de minério de ferro) para com as regiões atingidas.

No caso do Pará, sua especificação no modelo se justifica principalmente pelo componente setorial da atividade minerária expressivo no estado. No mesmo sentido, com relação ao Espírito Santo, estado que abriga o principal porto escoador do minério produzido em Minas Gerais, sua desagregação também possibilita a análise dos efeitos de realocação da produção de minério sobre a atividade setorial do estado.

A regionalização resultante dos critérios adotados está sintetizada na [Figura 3](#).

### 3. Fechamento e Simulações

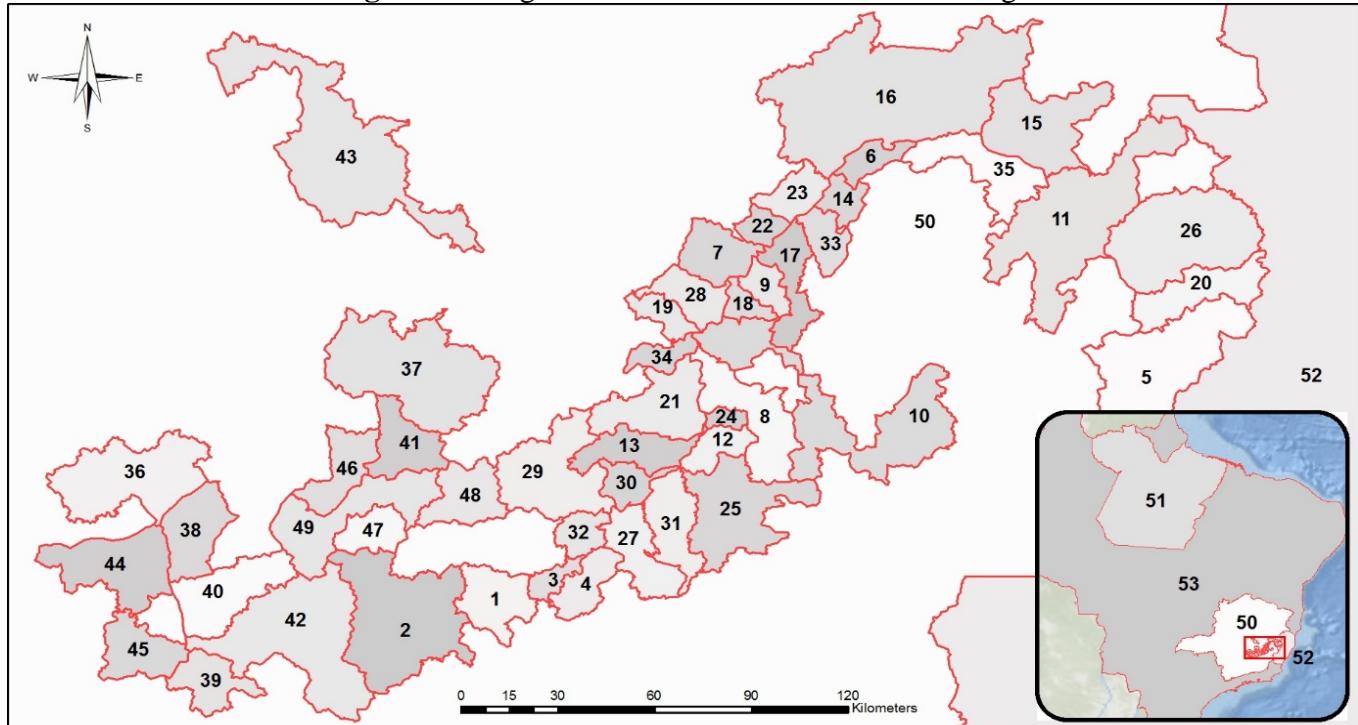
#### 3.1 Fechamento

Nos modelos EGC, denomina-se fechamento o conjunto de hipóteses de operacionalização do cenário base e cenário de política do modelo que, no caso dos que incorporam dinâmica recursiva como o Modelo DamAge, estão associados com a definição das variáveis exógenas e endógenas e ao horizonte temporal das simulações, ou seja, o período no qual se reportam os resultados na trajetória rumo ao novo equilíbrio. As variáveis endógenas se ajustam ao longo do período de análise após os choques iniciais, tanto no cenário base (ou cenário de referência) quanto no cenário de política, que incluirão choques sobre o desastre em Mariana.

As simulações de cenário base utilizam um fechamento (escolha de variáveis) conhecido como “histórico”, em que os indicadores macroeconômicos representam os choques e variáveis naturalmente exógenas (como produtividade e participação do consumo na renda) tornam-se endógenas. Assim, o modelo calcula o valor das variáveis endógenas que gera o cenário base, e o passo seguinte é adotar estas como exógenas e computar o cenário efetivamente.

Visto que o principal objetivo deste trabalho é analisar os efeitos econômicos do desastre numa abordagem regional, o presente trabalho fica dependente não só de dados que ofereçam indicadores quantitativos das perdas e danos por região e setor, como também dos dados de representatividade econômica dessas perdas e danos nos fluxos e/ou estoques do cenário pré-desastre.

**Figura 3 – Regiões consideradas no Modelo DamAge.**



- |                            |                          |                                     |                              |
|----------------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
| 1. Barra Longa             | 15. Galiléia             | 29. São Domingos do Prata           | 43. Conceição do Mato Dentro |
| 2. Mariana                 | 16. Governador Valadares | 30. São José do Goiabal             | 44. Brumadinho               |
| 3. Rio Doce                | 17. Iapú                 | 31. São Pedro dos Ferros            | 45. Belo Vale                |
| 4. Santa Cruz do Escalvado | 18. Ipaba                | 32. Sem-Peixe                       | 46. Barão de Cocais          |
| 5. Aimorés                 | 19. Ipatinga             | 33. Sobrália                        | 47. Catas Altas              |
| 6. Alpercata               | 20. Itueta               | 34. Timóteo                         | 48. Rio Piracicaba           |
| 7. Belo Oriente            | 21. Marlieria            | 35. Tumiritinga                     | 49. Santa Bárbara            |
| 8. Bom Jesus do Galho      | 22. Naque                | 36. Belo Horizonte/ Betim/ Contagem | 50. Resto de MG              |
| 9. Bugre                   | 23. Periquito            | 37. Itabira                         | 51. Pará                     |
| 10. Caratinga              | 24. Pingo D'Agua         | 38. Nova Lima                       | 52. Espírito Santo           |
| 11. Conselheiro Pena       | 25. Raul Soares          | 39. Congonhas                       | 53. Resto do Brasil          |
| 12. Córrego Novo           | 26. Resplendor           | 40. Itabirito                       |                              |
| 13. Dionísio               | 27. Rio Casca            | 41. São Gonçalo do Rio Abaixo       |                              |
| 14. Fernandes Tourinho     | 28. Santana do Paraíso   | 42. Ouro Preto                      |                              |

Fonte: Elaboração própria.

Diante disso, foi feito um esforço no sentido de reunir dados apontando valores absolutos de perdas e danos que, através da base de dados do modelo, possam ser convertidos em participações nos fluxos e/ou estoques do cenário econômico anterior ao desastre. Em outras palavras, além da disponibilidade de informações sobre prejuízos imediatos do desastre, a elaboração dos choques para as simulações também demandou uma compatibilização dessas informações com a base de dados do modelo, e com variáveis que pudessem captar mais adequadamente o tipo de impacto observado.

Dados os objetivos da simulação, no cenário de política optou-se por utilizar um fechamento que se adapta às hipóteses e aos dados e estimativas oficiais liberados até então: i) o consumo do governo é exógeno para o município de Mariana; ii) a produção setorial do minério de ferro em Mariana é exógena; iii) o investimento agregado é exógeno, com taxas de retorno endógenas; iv) o emprego é endógeno e o salário real é exógeno e; v) o consumo das famílias segue a renda do trabalho.

### 3.2 Simulações

Os dados selecionados que compõe os choques do desastre para as simulações foram construídos tomando como base principal as seguintes informações oficiais:

- Prejuízos privados reportados no relatório da Força Tarefa composta por representantes de órgãos e entidades do Estado e de municípios afetados, produzidos pelo Governo de Minas Gerais (SEDRU/MG (2016)).

- b) Impacto do desastre no recolhimento de impostos no município de Mariana reportados pela prefeitura do município.
- c) Variação da produção de minério no município de Mariana-MG obtidos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), além do comportamento da produção nas demais regiões mineradoras do estado e do país.

Os dados referentes aos impactos diretos foram obtidos através dos prejuízos privados em escala micro e macrorregional reportados em SEDRU/MG (2016). Esse relatório foi produto da Força Tarefa instituída pelo Governo do Estado de Minas Gerais que, dentre outros objetivos, teve como propósito o levantamento de dados e emissão de relatórios sobre os impactos do desastre. As informações nele publicadas são fruto da consolidação de diversos dados reportados por outros relatórios técnicos independentes que envolvem não só dados sobre danos materiais, mas também ambientais e humanos. O relatório decompõe os impactos diretos em prejuízos a infraestrutura e prejuízos privados<sup>6</sup>

Segundo SEDRU/MG(2016), os prejuízos privados foram desagregados por setores considerando:

- i) Agricultura: Danos relacionados à perda de plantação e máquinas e equipamentos agrícolas (tratores, caminhões, entre outros);
- ii) Pecuária: Morte de animais e perda de infraestrutura de apoio (curral, galinheiro, pastagens, entre outros);
- iii) Indústria: Impacto direto sobre o faturamento da Samarco e Usina Hidrelétrica Risoleta Neves;
- iv) Comércio: Danos à pequenos comerciantes e;
- v) Serviços: Prejuízos relacionados ao turismo (pousadas, hotéis, entre outros).

Calculou-se a participação desses valores deflacionados para o ano de 2013 (ano base do Modelo DamAge), tomando como referência a mesma divisão setorial, sobre o estoque de capital setorial-municipal da base de dados do Modelo DamAge, gerando os choques sobre a produtividade do capital, indicados na **Tabela 1**.

Com o propósito de captar nas simulações não só os impactos da queda da produção minerária verificada no município de Mariana como também os efeitos da realocação da produção para as outras regiões, considerou-se nas simulações, além de uma queda de 100% da produção no município de Mariana, um aumento homogêneo nas demais regiões de 9,2%, de modo a manter a produção nacional de minério constante. Esta foi estimada a partir da base de dados do modelo, no qual a participação da produção minerária de Mariana representava 9,2% do total nacional. Esta hipótese de efeito zero sobre a produção mineradora nacional é baseada nos dados e estimativas de 2016, que já mostravam que não houve efeito significativo do desastre na produção nacional, e também na produção de Minas Gerais.

Vale ressaltar que, apesar de tratar-se de uma realocação produtiva homogênea em termos percentuais, em regiões onde a produção de minério de ferro é mais presente o aumento de 9,2% representa em termos absolutos valores superiores àquelas onde a produção de minério de ferro é pequena ou inexistente. Desse modo, permite avaliar a relação ganho/perda de um provável redirecionamento do volume produzido até então em Mariana para outras regiões de maneira proporcional ao grau de participação dessas regiões na produção de minério nacional.

A paralização da produção em Mariana não implicou queda imediata no pagamento de renda aos trabalhadores. Embora uma parcela dos empregados tenham aderido a pacotes de demissão voluntária<sup>7</sup>, até o final de 2016 a maior parte permanecia em férias remuneradas ou alocados para outras funções, algumas delas envolvendo inclusive a reparação de danos decorrentes do desastre (EXAME, 2016; G1, 2016). Ou seja, o quadro econômico que se coloca é a suspensão da produção de minério de ferro no município simultaneamente à permanência dos fatores de produção e seus custos na região.

Desse modo, uma vez que os custos do fator trabalho, capital e terra tendem a se manter constantes apesar da interrupção da produção, implementar a queda de produção nas simulações através de um choque

---

<sup>6</sup> Também são reportados pelo relatório danos econômicos de menor escala relacionados a ações temporárias de natureza emergencial como assistência médica emergencial, limpeza urbana etc. Esses dados não foram aproveitados para a construção dos choques devido a incompatibilização com a base de dados do modelo.

<sup>7</sup> Os funcionários que aderiram a demissão voluntária, o fizeram em acordo que estabelece o recebimento de remuneração em função do tempo de vínculo do funcionário com a empresa e outros critérios, de modo que, mesmo nesses casos, o pagamento de renda dos trabalhadores não é suspenso imediatamente.

negativo sobre a produtividade do setor de mineração em Mariana permite que o modelo capture os efeitos da queda da produção paralelamente a manutenção dos custos.

Em outras palavras, o objetivo desse choque que impõe queda de 100% sobre a produtividade do setor em Mariana é captar de maneira mais precisa os efeitos da interrupção da produção de minério de ferro apesar da manutenção dos custos sobre os fatores de produção, sobretudo o pagamento da renda do trabalho. Visando incorporar os efeitos da paralização do setor minerário sobre as receitas e despesas da prefeitura no município de Mariana, foi considerado na construção dos choques a queda de arrecadação divulgada pela prefeitura de Mariana no período pós-desastre.

**Tabela 1** – Choques sobre a produtividade do capital por setor e município decorrentes do desastre mineral em Mariana-MG (var. %).

Município	Agricultura	Pecuária	Indústria	Comércio	Serviços
Mariana	-5,38	-8,86	-0,84	-0,01	0
Barra Longa	-7,8	-54,69	0	-15,54	-6,2
Rio Doce	-16,65	-4,87	-100*	-6,49	-4,93
Santa Cruz do Escalvado	-0,58	-0,48	0	-31,11	-12,73
Aimorés	-0,96	-1,67	0	0	-0,1
Alpercata	-2,34	-0,08	0	0	-2,43
Belo Oriente	0	0	-9,25	-0,01	-0,01
Bugre	-1,43	-0,08	0	0	-14,74
Caratinga	0	0	0	-0,09	-0,06
Córrego Novo	0	-11,35	0	0	-27,85
Dionísio	-1,18	0	0	-3,11	-2,59
Fernandes Tourinho	-0,7	-0,47	0	-0,9	-12,33
Galileia	-0,83	-0,21	0	-0,65	-2,41
Governador Valadares	-12,44	-6,38	0	0	-0,01
Ipatinga	0	0	-0,09	-0,15	0
Periquito	-2,17	-0,33	0	0	-3,99
Resplendor	0	-0,03	-0,82	0	-0,44
São José do Goiabal	-0,03	-0,09	0	-0,28	-1,37
Sem-Peixe	-0,76	-0,38	0	-100*	-24,5

\*Refere-se à prejuízos reportados com valores superiores àqueles do estoque de capital contidos na base no Modelo DamAge, nesses casos, foram considerados como 100% de perda.

Fonte: Elaboração própria com base nas informações da SEDRU/MG(2016) e base de dados do modelo DamAge.

Em síntese, os choques adotados para o cenário de desastre sem retomada da produção de minério em Mariana são:

- a) Perda de estoque de capital em diversas atividades e municípios afetados pelo desastre;
- b) Redução de 100% da produção de minério de ferro no município de Mariana;
- c) Redução de 40% dos gastos do governo no município de Mariana;

Para o cenário de retomada da produção de minério por parte de Mariana, acrescentou-se:

- d) Retomada de 100% da produção de minério de ferro no município de Mariana a partir de 2018;

Dado que todos os cenário incluem os choques adotados para o cenário base (CB), pode-se simplificar a estrutura de simulação como:

$$\text{Cenário sem retomada} = \text{CB} + (\text{a}) + (\text{b}) + (\text{c})$$

$$\text{Cenário com retomada} = \text{CB} + (\text{a}) + (\text{b}) + (\text{c}) + (\text{d})$$

A Tabela 2 apresenta a alocação dos choques no decorrer do período de 2014 a 2020 adotados nas simulações.

A adoção do ano de 2016 para a inclusão dos choques de perdas e danos se justifica pelo fato de o desastre ter ocorrido no mês de novembro de 2015. Parte dos choques só se materializam com mais intensidade nos dados oficiais a partir de 2016, tal como a queda da produção e da arrecadação. Sendo assim, considerou-se como primeiro ano de incidência completa dos impactos o de 2016.

**Tabela 2** – Alocação dos choques nas simulações, decorrentes do desastre minerário em Mariana-MG 2014-2020 (%).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Choques do Cenário Base (CB)	X	X	X	X	X	X	X
Perda de estoque de capital (a)			X				
Queda da produção de minério (b)				X			
Queda do consumo do governo (c)					X		
Retomada da produção de minério (d)						X	

Fonte: Elaboração própria.

#### 4. Resultados

##### 4.1 Cenário sem retomada da produção minerária em Mariana

A queda brusca da principal atividade de Mariana teria profundo reflexo sobre o PIB do município, apresentando uma queda de cerca de 50% em 2020, em relação ao cenário base. Assim, a economia do município apresentaria uma taxa de crescimento acumulada no período 2016-2020 cerca de 50% inferior, o que significa que o PIB municipal estaria em 2020 abaixo do nível observado em 2016. No que se refere a trajetória impactada dos outros principais indicadores econômicos para o mesmo período, o emprego é o que apresenta menor impacto, como pode ser observado na **Tabela 3**.

A queda acentuada do gasto do governo em relação ao cenário base é basicamente o choque de -40% no consumo do governo adotado nas simulações que, somado aos choques de interrupção da produção minerária e perdas do estoque de capital devido aos danos do desastre, impactariam negativamente as exportações, e em menor magnitude sobre o consumo das famílias e emprego.

O impacto sobre o emprego pode ser atribuído principalmente a suspensão da produção de minério em Mariana e redirecionamento para outros municípios mineradores, pois, dado que o emprego nacional é fixo, os resultados captam o deslocamento de mão de obra entre as regiões. Sendo assim, os resultados apontam que, embora em menor escala, o impacto negativo do desastre sobre o emprego permanece em 2020, quando o emprego formal de Mariana apresenta-se 1,65% menor em relação ao cenário sem desastre.

A análise da contribuição dos principais indicadores no desvio acumulado do PIB deixa claro o importante papel das exportações regionais na queda do PIB do município, que representou -46,02% do desvio total acumulado no PIB de -49,85%. O minério de ferro desempenha importante função na geração de divisas no município por meio do comércio com outras regiões, principalmente direcionado para o Espírito Santo para exportação internacional.

**Tabela 3** – Impacto do desastre minerário de Mariana sobre indicadores econômicos no município de Mariana-MG (var. % acumulada, 2016-2020).

Indicadores	2016-2020
Consumo das Famílias	-1,74
Emprego	-1,65
Exportações	-16,86
Consumo do Governo	-40,7
PIB	-49,85

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

Os efeitos negativos também são verificados no âmbito setorial. A queda da produção de minério e do consumo do governo repercute sobre diversas atividades do município, com maior impacto sobre setores que estão mais relacionados direta ou indiretamente com a composição das perdas e danos reportados. A **Tabela 4** apresenta o impacto setorial acumulado em 2020 em relação ao cenário base (desvio % acumulado).

**Tabela 4** – Impacto sobre o nível de atividade setorial em Mariana decorrentes do desastre minerário em Mariana-MG, 2016-2020 (desvio % acumulado).

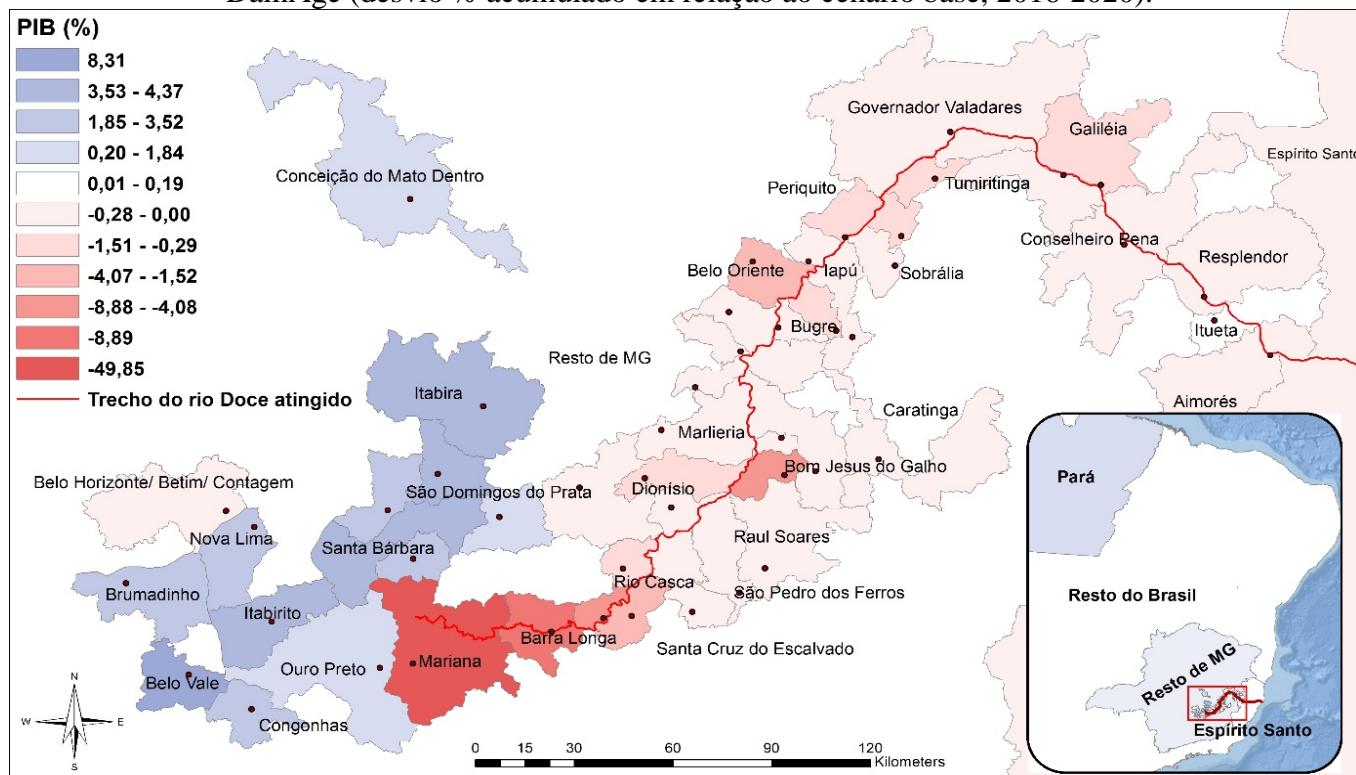
Setores	2016	2017	2018	2019	2020
Agricultura	-4,68	-4,67	-4,65	-4,65	-4,67
Pecuária	-8,14	-8,14	-8,15	-8,16	-8,17
Indústria	-0,12	-0,1	-0,1	-0,12	-0,15
Eletricidade, gás e outras utilidades	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Água, esgoto e reciclagem	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
Construção	0,11	0,09	0,07	0,06	0,06
Comércio	-2,43	-2,34	-2,26	-2,22	-2,2
Transporte	-0,19	-0,18	-0,18	-0,17	-0,17
Serviços privados	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05
Aluguel efetivo	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Aluguel imputado	0	0	0	0	0
Serviços públicos	-1,98	-2,06	-2,07	-2,04	-1,98
Educação publica	-3,01	-3,06	-3,07	-3,05	-3,01
Saúde pública	-3,35	-3,4	-3,41	-3,39	-3,35

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

Dentre os setores mais impactados, embora agricultura e pecuária apresentem pouco peso para a economia do município (menos de 1%), o comércio e os setores públicos representam cerca de 23% do PIB. Diante disso, os resultados indicam que numa possível elaboração de planos de recomposição econômica, esses setores são fortes candidatos a políticas de incentivo devido a sua relevância regional e reduzida capacidade de retomada sem incentivos externos.

O impacto regional sobre o PIB (Figura 4) demonstra a maneira como são distribuídos os efeitos gerados pela queda do consumo do governo e produção de minério no município de Mariana, e, principalmente, da realocação dessa produção para os outros municípios mineradores.

**Figura 4** – Impacto do desastre minerário de Mariana sobre o PIB nas regiões consideradas no Modelo DamAge (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



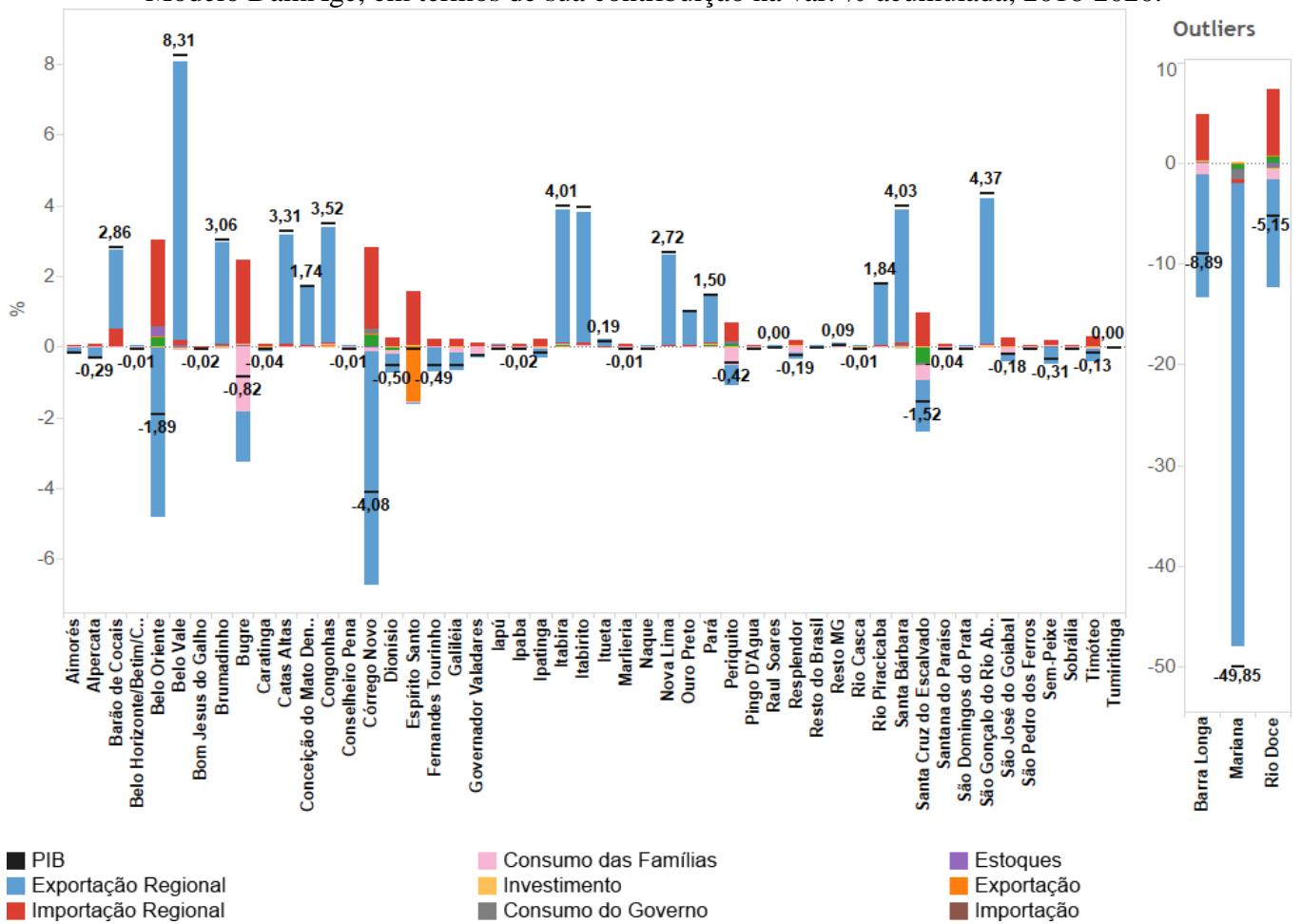
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

Com o intuito de compreensão da origem dos impactos sobre o PIB, a Figura 5 ilustra a contribuição dos principais indicadores econômicos à variação acumulada do PIB decorrente do desastre de Mariana-MG em relação ao cenário base, no período de 2016 a 2020.

Predominantemente, a maior parcela da diminuição/crescimento do PIB das regiões se deve a redução/aumento das exportações regionais. Isso ocorre mesmo onde a atividade minerária não exerce grande papel na economia, como é o caso de Córrego Novo e Belo Oriente, municípios que sofreram os impactos diretos do desastre através da perda de capital em setores importantes de sua economia (pecuária e indústria, respectivamente), e que ainda assim apresentam as exportações regionais como principal responsável pela queda do PIB em relação ao cenário sem desastre.

Destaca-se por meio dos impactos sobre o PIB nas regiões, portanto, a relevância das atividades que sofreram impacto direto ou indireto em decorrência do desastre de Mariana. Os resultados positivos podem ser atribuídos aos ganhos relacionados ao redirecionamento da produção de minério suspensa em Mariana, enquanto que os resultados negativos podem ser explicados tanto pela queda da produção de minério em Mariana, como também pelas perdas e danos em setores relevantes para determinados municípios que foram implementados via choques no estoque de capital, bem como os impactos negativos indiretos gerados pelos dois últimos por meio principalmente do comércio.

**Figura 5** – Impacto do desastre de Mariana sobre os componentes do PIB das regiões consideradas pelo Modelo DamAge, em termos de sua contribuição na var. % acumulada, 2016-2020.



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

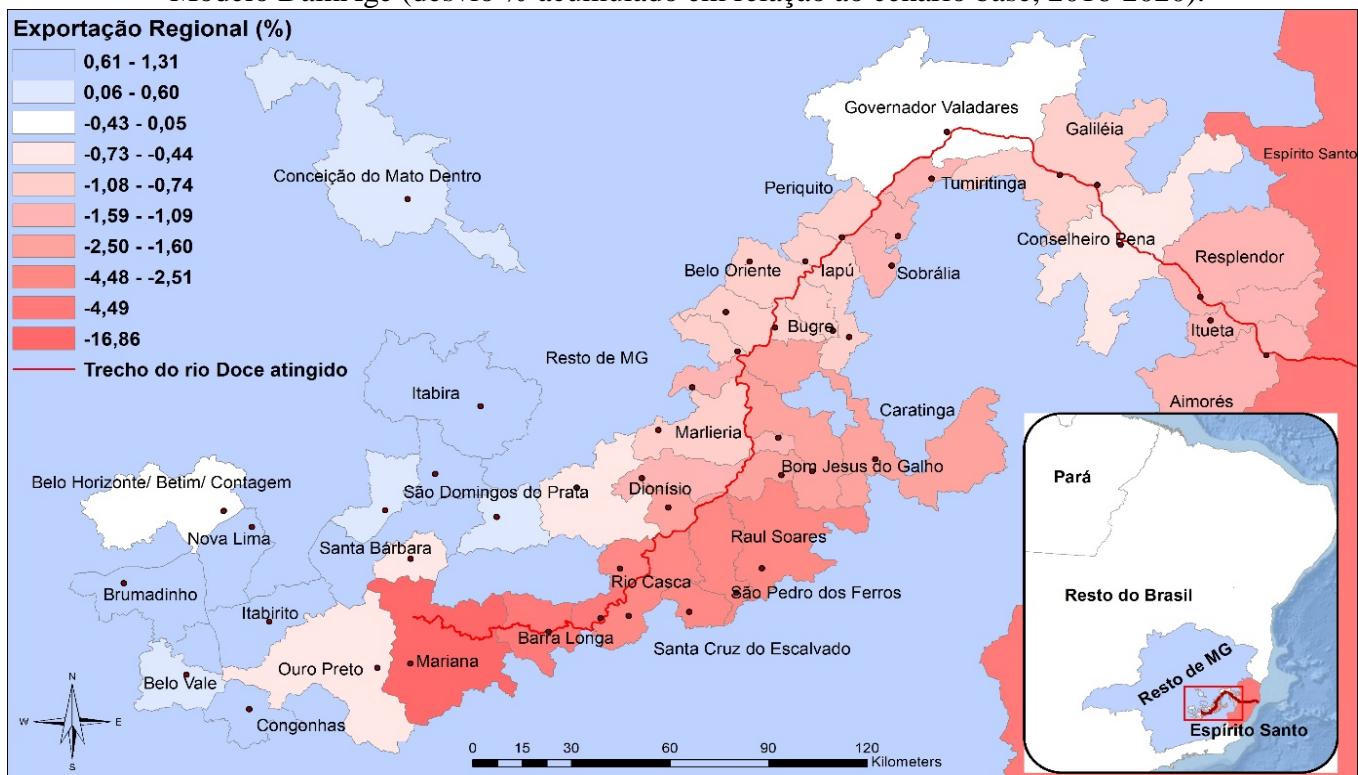
Observa-se na distribuição espacial dos efeitos sobre as exportações a forte conexão comercial entre os municípios ao longo do trecho atingido do rio Doce. Visto que, o modelo DamAge foi calibrado com participações de exportação e importação internacional com detalhamento por porto de saída/entrada, os indicadores regionais de comércio também consideram os fluxos de comércio internacional em seu cálculo, retratando portanto as vendas totais das regiões. A **Figura 6** apresenta o desvio acumulado no período de 2016 a 2020 das vendas totais em relação ao cenário base.

Segundo Cochrane (2004), o nível e natureza da centralidade exercida pela região incialmente atingida pelos impactos diretos de desastres tem grande papel na disseminação das perdas além de suas fronteiras, e a transmissão desses impactos indiretos tendem a se manifestar principalmente por meio da

mudança nos padrões de comércio entre as regiões. Os resultados obtidos nas simulações apontam esse tipo de efeito.

Isso dito, trazendo para o caso do presente trabalho, o principal choque em variável fluxo adotada foi a queda na produção da atividade dominante de Mariana (minério de ferro), município que, como dito, apresenta intenso fluxo comercial (estimado) para com os municípios a jusante do rio Doce, capturados pela matriz TRADE da base de dados do modelo. Desse modo, o que os resultados das simulações indicam é a interdependência regional em forma de reprodução de impactos indiretos sobre esses municípios.

**Figura 6** – Impacto do desastre mineral de Mariana sobre as vendas totais das regiões consideradas no Modelo DamAge (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

A análise do consumo das famílias indica que a variação é negativa para todas as regiões, com queda média de -0,5%, o destaque é o município de Barra Longa que apresentou queda de -4,09%. Embora os impactos indiretos oriundos de outras regiões contribuam, a queda destacada em Barra Longa se justifica em boa parte pela perda de -54,69% do estoque de capital da pecuária, setor que representa cerca de 30% do PIB do município, de modo que, devido ao importante papel do setor no PIB pelo lado da oferta, através da produção e geração de renda do trabalho, repercute sobre o PIB pelo lado do dispêndio, através do consumo das famílias.

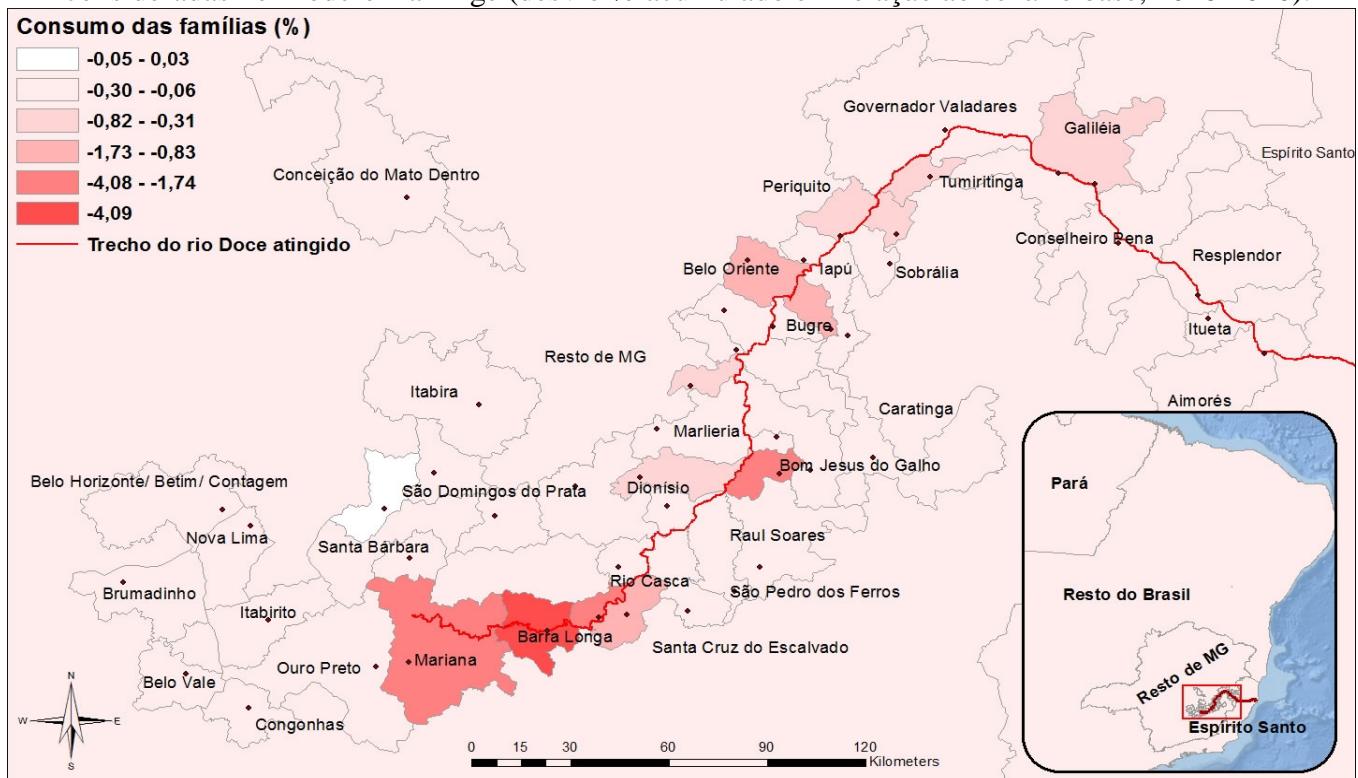
Apesar do município de Mariana ser o principal alvo dos choques implementados, o município apresentou menor desvio negativo sobre o consumo das famílias quando comparado a Barra Longa, isso se explica principalmente pelo caráter capital intensivo dos setores mais atingidos nesses municípios. Choques sobre setores capital intensivo como é o caso do choque sobre a mineração em Mariana, tendem a ter efeitos menores em componentes do PIB pelo lado da renda, como o emprego e consumo das famílias, quando comparado a choques sobre setores trabalho intensivo, como é o caso do choque sobre a pecuária em Barra Longa.

Nos municípios como de Córrego Novo e Rio Doce também apresentariam queda acima da média no consumo, -2,25% e -1,86%, respectivamente. Ambos tiveram como impacto direto do desastre queda na produtividade de capital em setores trabalho intensivos. No caso do município de Córrego Novo a perda foi de -11,35% do estoque de capital da pecuária, atividade responsável por cerca de 36% do PIB do município, enquanto Rio Doce sofreu uma queda sobre o estoque de capital de -16,65% na agricultura e -4,87% na pecuária.

A [Figura 7](#) mostra o impacto sobre o consumo das famílias, novamente como desvios em relação ao cenário base.

Nota-se, portanto, que os impactos sobre o consumo das famílias apresentam fraca correspondência com os desvios sobre o PIB. No geral, regiões que apresentaram ganhos no PIB não apresentaram ganhos no consumo, enquanto que regiões ao longo do trecho atingido do rio Doce que apresentaram quedas relevantes do PIB não necessariamente sofreram as maiores perdas no consumo.

**Figura 7** – Impacto do desastre mineral de Mariana sobre o Consumo das famílias nas regiões consideradas no Modelo DamAge (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

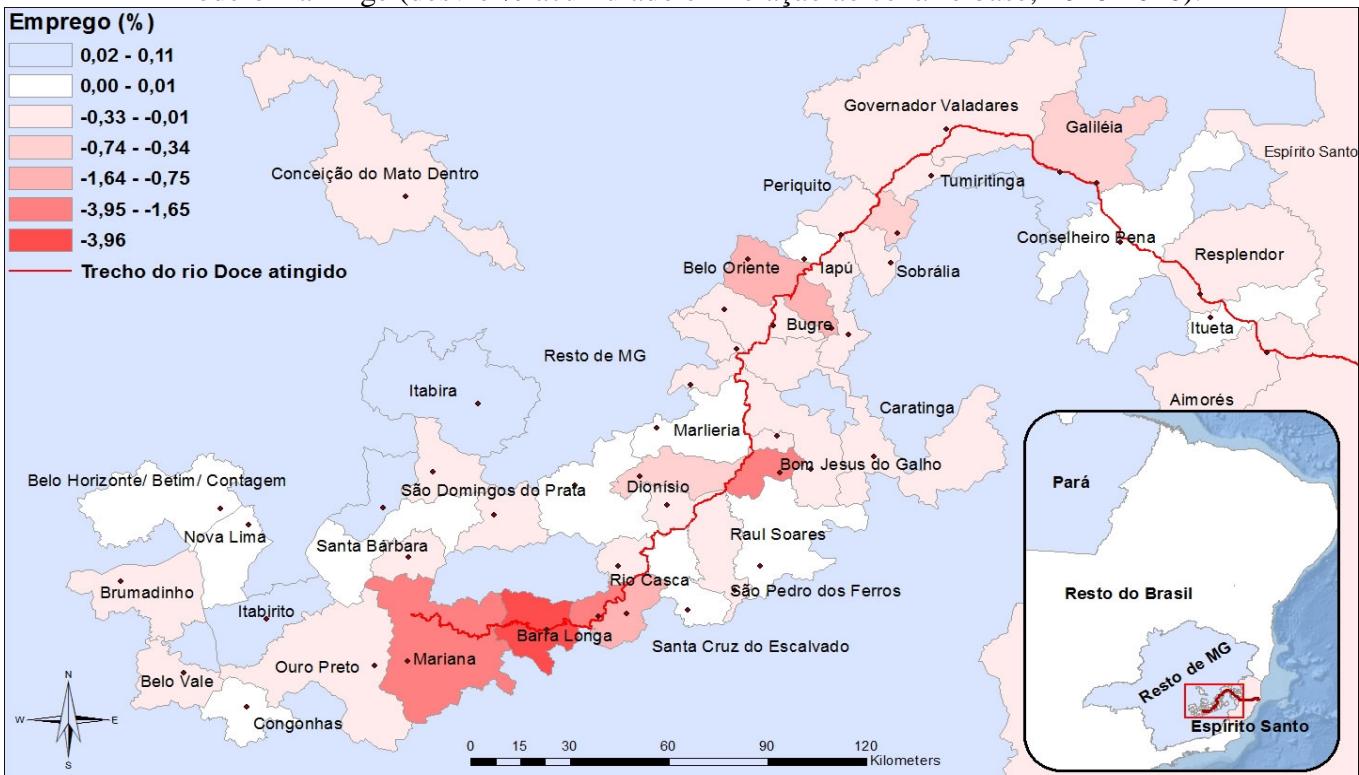
Nesse sentido, os impactos sobre o consumo indicam maior relação com o perfil trabalho intensivo dos setores que sofreram as maiores perdas diretas decorrentes do desastre, bem como da parcela que esses setores representam na economia da região. Ou seja, as regiões que apresentaram os desvios negativos mais relevantes no consumo são as regiões que sofreram perdas significativas em setores trabalho intensivo de importante papel na economia regional.

Além do consumo das famílias, pelo lado dos efeitos do desastre sobre a ocupação dos agentes, o emprego também se constitui num importante indicador para compreensão dos impactos indiretos sobre a vida das pessoas. Deve-se levar em conta que o Modelo DamAge considera em seu fechamento o emprego regional endógeno, respondendo a variações no salário real regional, e emprego nacional fixo. Ou seja, as regiões que ampliam a participação no emprego total o fazem em razão, necessariamente, da redução de emprego de outras regiões, no Brasil como um todo.

Como o esperado, Mariana apresenta elevada queda no emprego real (-1,65%), explicado principalmente pela queda da produção de minério de ferro. Entretanto, a maior queda apresentada foi de Barra Longa (-3,96%), devido principalmente a perda de estoque de capital na pecuária, como pode ser observado na [Figura 8](#).

Nota-se ainda que muitas regiões que não sofreram com os impactos diretos do desastre apresentam desvios nulos ou negativos no emprego, apesar de terem sido beneficiadas pela hipótese de realocação da produção de minério de ferro. Esse é o caso de regiões com maior fluxo comercial relativo com Mariana, indicando que os ganhos do redirecionamento da produção de minério de ferro não foram suficientes para compensar os impactos negativos indiretos do desastre sobre o emprego nessas regiões.

**Figura 8** – Impacto do desastre minerário de Mariana sobre o Emprego real nas regiões consideradas no Modelo DamAge (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

Dado o caráter capital intensivo do setor de mineração, a permanência de desvios nulos ou negativos no emprego nessas regiões frente ao aumento de produção no setor de mineração está relacionado, como discutido anteriormente, ao menor reflexo de choques em setores capital intensivo sobre componentes do PIB pelo lado da renda.

O município de Belo Vale, por exemplo, apresentou desvio sobre o emprego real praticamente nulo, apesar dos ganhos na ordem de 8,31% no PIB decorrentes basicamente do aumento da produção no setor de mineração, que representa 61% do PIB do município, segundo a base de dados do modelo.

Por outro lado, regiões com menor proximidade geográfica, menor participação de Mariana no seu comércio total e que possuem a produção de minério de ferro como importante parcela de seu PIB, apresentaram variações no emprego real positivas apesar dos impactos negativos indiretos do desastre.

Embora em termos absolutos, a primeira vista, o aumento de 0,03% no emprego real no estado do Pará ou -0,13% no Espírito Santo aparente ser um resultado de pouco impacto, deve-se ter em mente o tamanho relativo das regiões. No Pará, por exemplo, esse ganho representa a criação de cerca de 310 empregos formais, enquanto que no Espírito Santo a perda chega a aproximadamente 1.241, considerando os dados da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais) para o ano de 2013. E associando a variável de emprego do modelo ao número de pessoas ocupadas, o que não é rigorosamente correto (no modelo é horas de fator trabalho)<sup>8</sup>.

#### 4.2 Cenário com retomada da produção minerária em Mariana

Na hipótese do cenário de retomada da produção de minério no município em 2018, nota-se um ganho significativo na recomposição do PIB em relação ao cenário anterior, que passou de um impacto acumulado de -49,85% para -33%.

No entanto, observa-se que mesmo na hipótese de retomada da produção de minério de ferro no município de Mariana em 2018, a atividade econômica não se aproximaria do nível do cenário base em 2020. Ou seja, a perda de atividade econômica é permanente, em relação ao cenário base sem o acidente,

<sup>8</sup> O modelo DamAge considera em sua base de dados a variável emprego como horas de trabalho, de modo que, embora seja possível a conversão de horas reduzidas para número de postos de trabalho perdidos, não se trata de uma relação direta.

mas a retomada da produção representaria um impacto acumulado menor do desastre, como pode ser observado na [Tabela 5](#).

O consumo das famílias também apresenta menor queda que no cenário anterior, devido ao efeito positivo do aumento do nível de atividade e renda das famílias, principalmente em 2018, ano de recuperação da produção considerada nesse cenário.

Com a retomada em 2018, o desvio acumulado em relação ao cenário base sobre as exportações cai para -11,77%. Sem a retomada esse desvio era de -16,86%. Enquanto que o consumo das famílias e emprego que apresentavam 1,74 e -1,65%, respectivamente, nesse cenário passaram para -1,22%.

**Tabela 5** – Impacto do desastre minerário de Mariana sobre indicadores econômicos no município de Mariana no cenário com retomada da produção (var. % acumulada, 2016-2020).

Indicadores	2016-2020
Consumo das Famílias	-1,22
Emprego	-1,22
Exportações	-11,77
Consumo do Governo	-40,7
PIB	-33,69

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

O importante papel das vendas minerais no nível de atividade do município também fica evidente quando se avalia a resposta dos principais agregados econômicos diante da retomada da produção mineral. Embora o consumo das famílias e o emprego apresentem resultados mais positivos quando comparado ao cenário anterior, a mudança de trajetória em 2018 tem destaque para a variável exportação.

Na avaliação da contribuição dos indicadores para esse efeito de desvio acumulado sobre o PIB, observa-se que o ganho é provocado principalmente pelo aquecimento da exportação regional, que representava um desvio de -46,02% para o PIB no cenário anterior e passou para -13,66% nesse cenário.

Nota-se, portanto, que mesmo a hipótese de três anos de retomada da produção de minério em Mariana adotados nesse cenário não foram suficientes para a total eliminação das perdas em relação ao cenário base.

**Tabela 6** – Impacto sobre o nível de atividade setorial em Mariana para o cenário com retomada, decorrentes do desastre mineral em Mariana-MG, 2016-2020 (desvio % acumulado).

Setores	2016	2017	2018	2019	2020
Agricultura	-4,68	-4,67	-4,65	-4,65	-4,67
Pecuária	-8,14	-8,14	-8,15	-8,16	-8,17
Indústria	-0,12	-0,1	-0,1	-0,12	-0,15
Eletricidade, gás e outras utilidades	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Água, esgoto e reciclagem	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03
Construção	0,11	0,09	0,07	0,06	0,06
Comércio	-2,43	-2,34	-2,26	-2,22	-2,2
Transporte	-0,19	-0,18	-0,18	-0,17	-0,17
Serviços privados	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05
Aluguel efetivo	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
Aluguel imputado	0	0	0	0	0
Serviços públicos	-1,98	-2,06	-2,07	-2,04	-1,98
Educação pública	-3,01	-3,06	-3,07	-3,05	-3,01
Saúde pública	-3,35	-3,4	-3,41	-3,39	-3,35

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

No plano setorial, salvo o setor de mineração que nesse cenário teve seu nível de atividade em 2018 retomado através do choque implementado, os outros setores apresentaram resultados bastante similares daqueles obtidos no cenário sem retomada da atividade mineral, como indicado na [Tabela 6](#). Isto indica mais uma vez os efeitos pequenos de inter-relação da mineração na região.

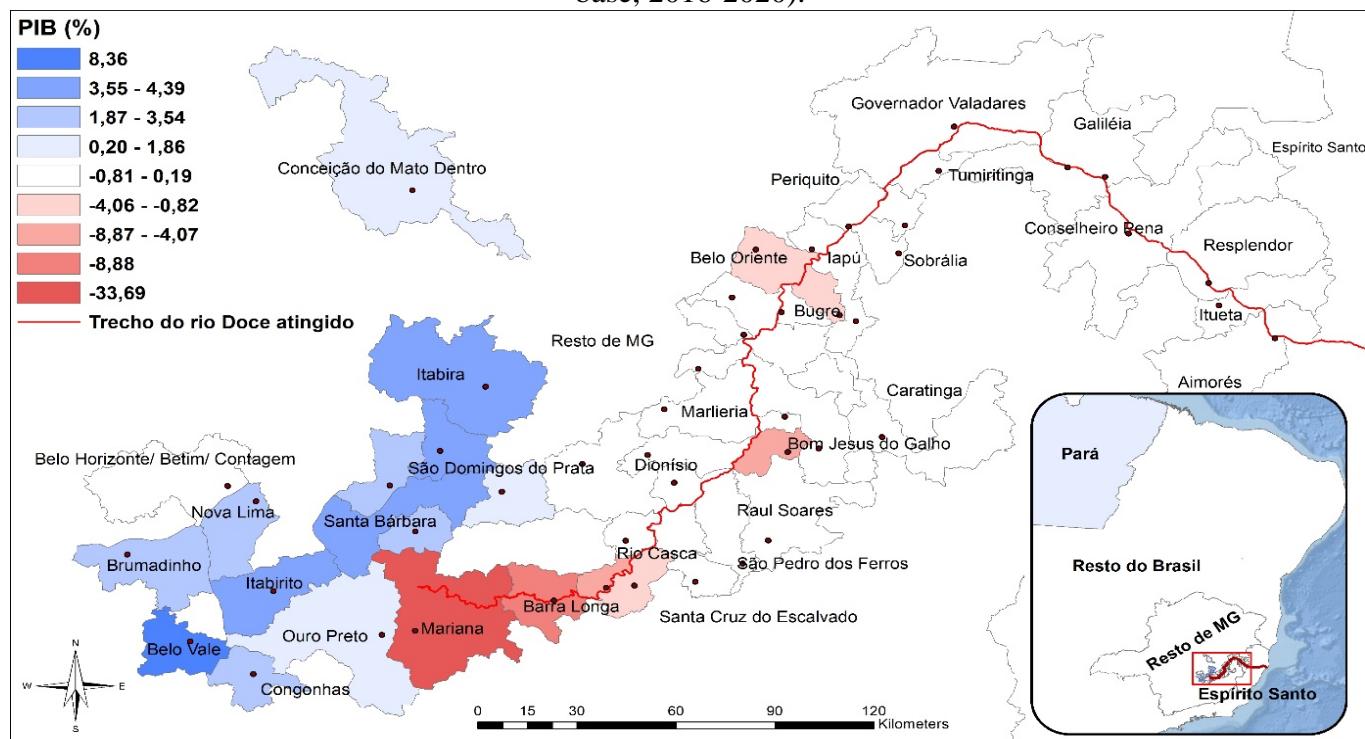
Nesse sentido, os resultados setoriais para o município apontam um efeito positivo da retomada da produção de minério em Mariana concentrado no próprio setor de mineração, com reduzido espalhamento para outras atividades.

A inclusão da hipótese de retomada da produção de minério, implementada por meio do choque positivo no setor para o município de Mariana em 2018, teria impacto bastante localizado, de acordo com o modelo. Como esperado, as regiões apresentaram resultados positivos para o PIB na comparação com os resultados obtidos para o cenário sem retomada, entretanto, no geral, são diferenças pequenas, com média de 0,02% para os cinco anos simulados, com valores mais robustos apenas para Mariana.

Embora tenha sido adotado um choque de 100% de retomada da produção de minério em Mariana aos níveis pré-desastre, não espera-se que os desvios negativos gerados em decorrência dos choques adotados para 2016 sejam totalmente compensados. Primeiro, em razão dos choques sobre a perda de capital em outros setores e regiões, que não foram revertidos. Segundo, porque os efeitos econômicos negativos totais gerados, isto é, a soma dos impactos diretos e indiretos, se desdobraram não só em perdas acumuladas que não são recuperadas imediatamente, como também levaram a economia a uma nova trajetória. Diante disso, visto que não foi adotado choques de impactos diretos positivos, como de reconstrução, esse equilíbrio tende a ser inferior àquele estabelecido nas condições pré-desastre, demandando tempo para que os desvios negativos sejam compensados e a economia volte a um equilíbrio similar ao verificado previamente.

A região que obteve resultados mais significantes foi o município de Mariana, que apresentaria desvio acumulado no PIB decorrente do acidente de -33,69% com a retomada em 2018, um resultado menor que a queda de -49,85% no cenário sem retomada, como pode ser observado na [Figura 8](#).

**Figura 9** – Impacto do desastre minerário de Mariana sobre o PIB nas regiões consideradas no Modelo DamAge no cenário com retomada da produção em Mariana (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).

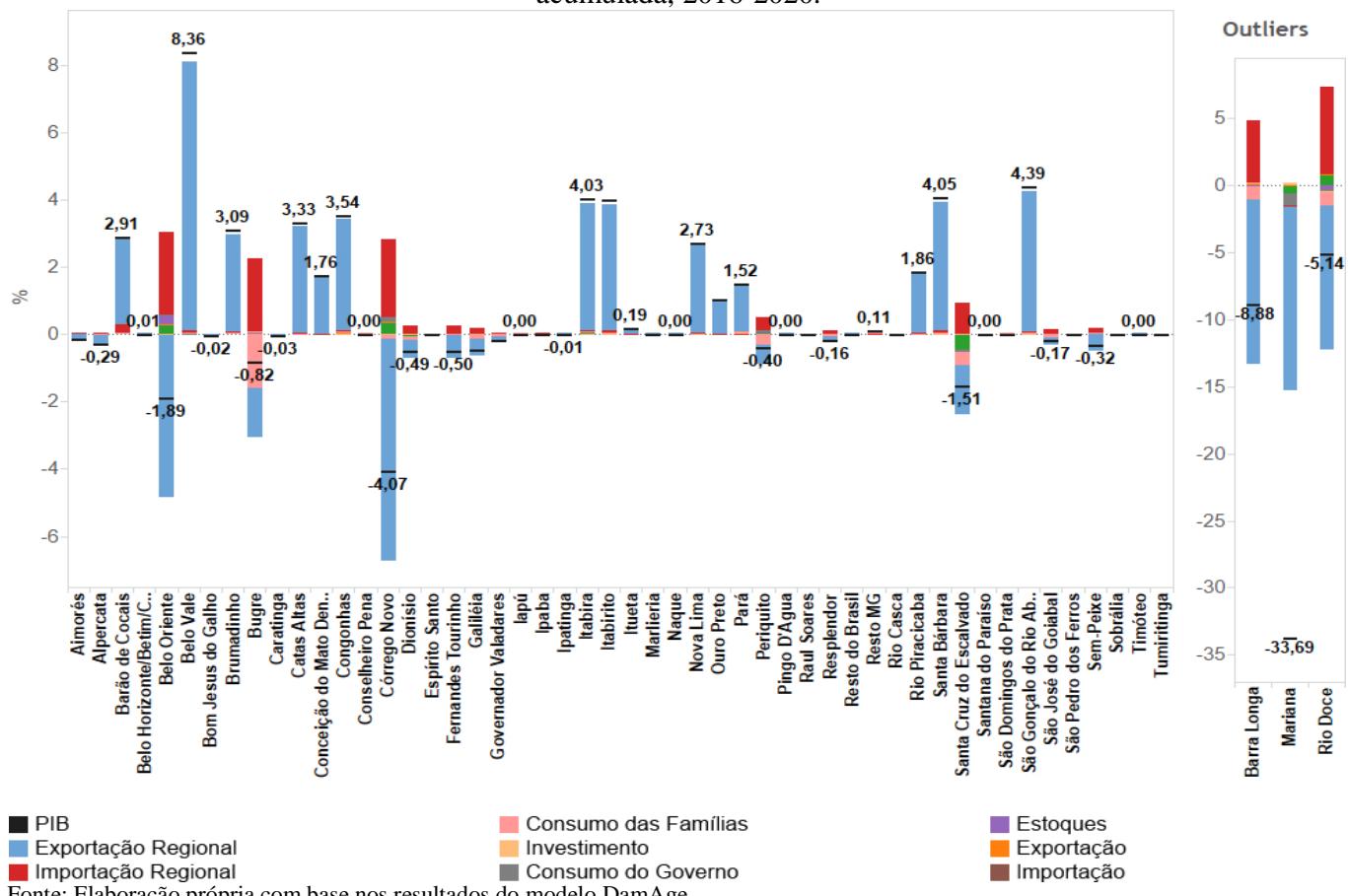


Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

A [Figura 9](#) ilustra a contribuição dos principais indicadores econômicos à variação acumulada do PIB decorrente do desastre de Mariana-MG em relação ao cenário base, no período de 2016 a 2020.

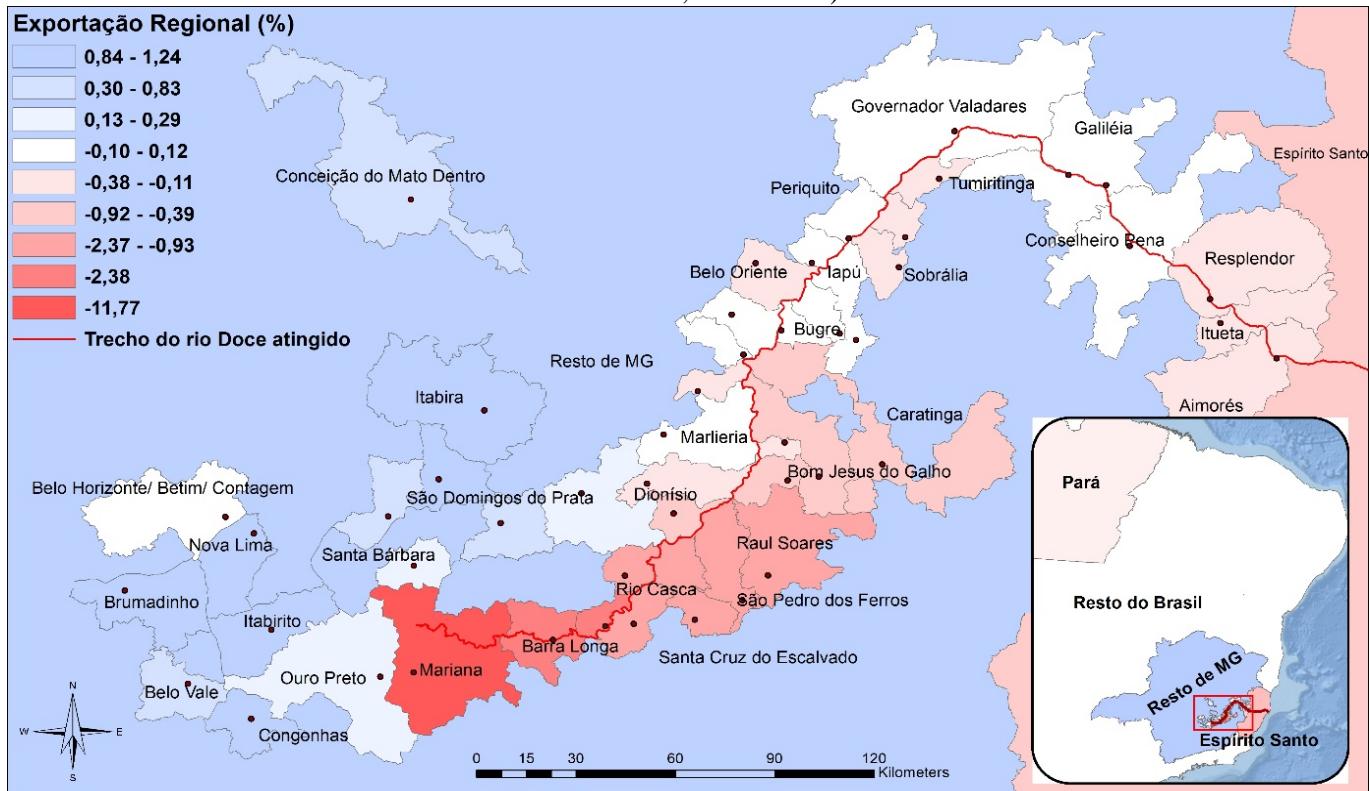
Embora o PIB do estado do Espírito Santo não apresente desvios negativos relevantes nos dois cenários adotados, foi o que apresentou maior diminuição de perdas nas exportações quando comparado ao cenário anterior (de -5,74% para -0,39%), como pode ser observado na [Figura 10](#). Resultado justificado em boa parte por abrigar o principal porto exportador do minério de ferro produzido no município de Mariana, tornando-se uma região extremamente sensível as variações na produção de minério.

**Figura 10** – Impacto do desastre de Mariana sobre os componentes do PIB das regiões consideradas pelo Modelo DamAge no cenário com retomada da produção em Mariana, em termos de sua contribuição na var. % acumulada, 2016-2020.



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

**Figura 11** – Impacto do desastre mineralício de Mariana sobre as vendas totais das regiões consideradas no Modelo DamAge no cenário com retomada da produção em Mariana (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

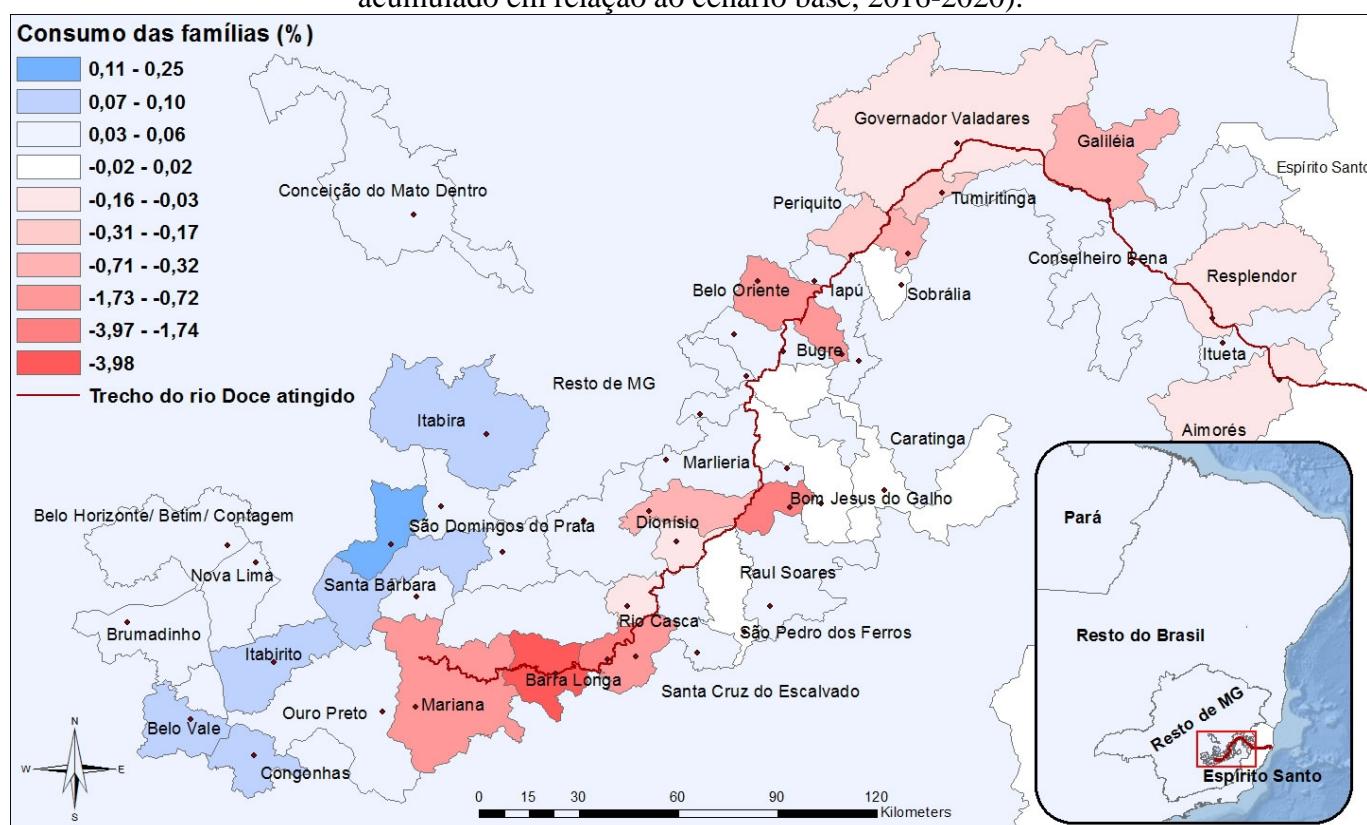
Na comparação entre os dois cenários do desastre (com e sem retomada) para o indicador do consumo das famílias ([Figura 11](#)), algumas regiões conseguiram passar do resultado negativo acumulado do cenário anterior para um resultado positivo. Isso se deu principalmente pelo fato dos números do cenário sem retomada apresentaram predominantemente quedas acumuladas pequenas (-0,37% na média), de modo que a volta plena da produção em Mariana a partir de 2018 foi suficiente para compensar as quedas acumuladas exibidas no primeiro cenário e até mesmo promover resultados de crescimento para algumas regiões. A perda de consumo familiar em Mariana é ligeiramente menor com a retomada, passando de -1,74% para -1,22% no acumulado para o período de 2016 a 2020.

O emprego foi o indicador que apresentou menor diferencial entre as situações com e sem retomada (fruto do fechamento de total nacional fixo). Mariana apresentaria uma menor perda com a retomada, de -1,65% para -1,22%. A Figura 12 apresenta a variação acumulada no período de 2016 a 2020 do emprego real gerada pelos choques de perdas e danos em relação ao cenário base.

Nota-se que embora Barra Longa, Itabira e Itabirito permaneçam como as regiões que apresentaram os maiores progressos no indicador emprego em relação ao cenário sem retomada, a hipótese de volta da produção de minério no município de Mariana contribuiu para que municípios com proximidade geográfica com Mariana e municípios ao longo do Rio Doce apresentassem resultados positivos em detrimento dos resultados negativos apresentados no cenário anterior.

Os municípios mais impactados continuam os mesmos, até porque os demais choques negativos são os mesmos da primeira simulação: Barra Longa, Rio Doce, Belo Oriente, com quedas de -3,96%, -2,12%, -1,75% e -1,22%, respectivamente.

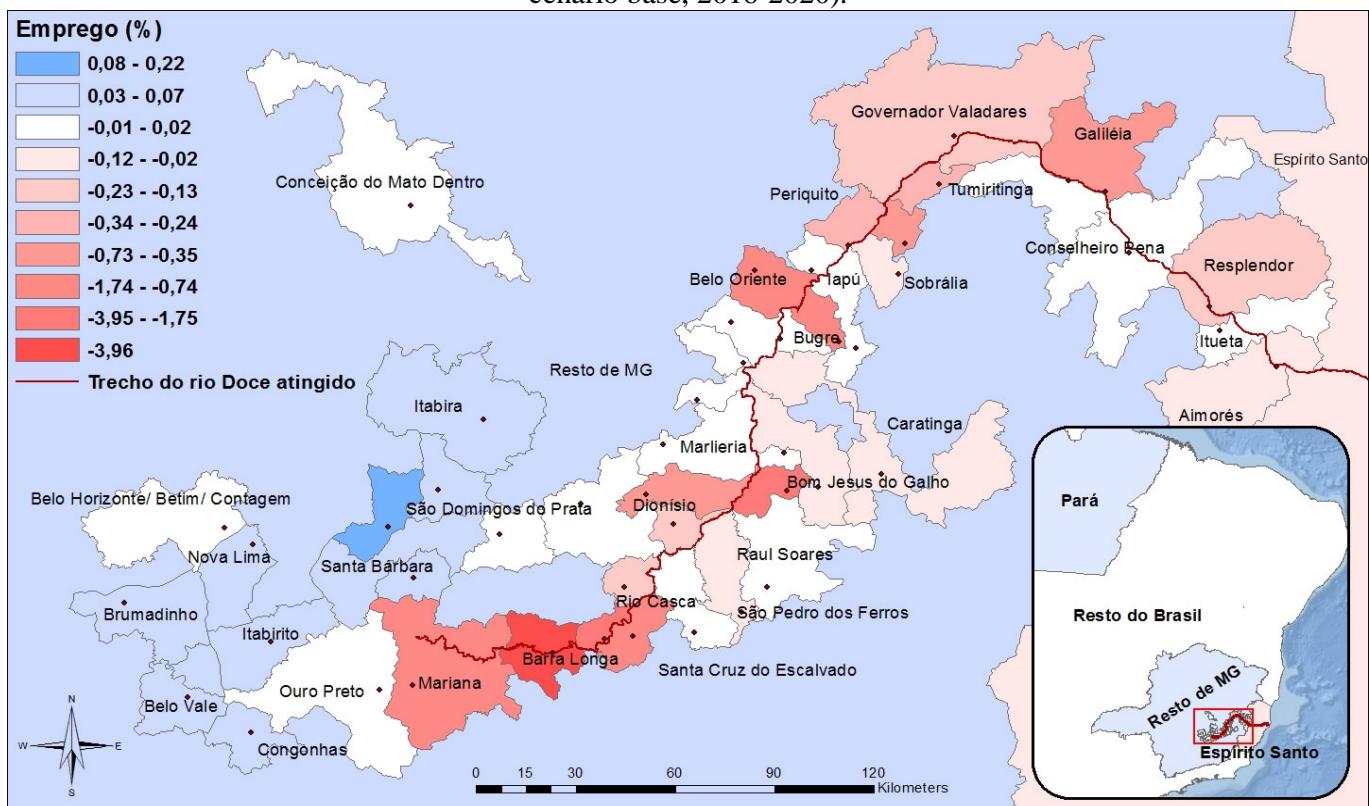
**Figura 12** – Impacto do desastre mineral de Mariana sobre o Consumo das famílias nas regiões consideradas no Modelo DamAge no cenário com retomada da produção em Mariana (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

Como o emprego no Modelo DamAge trata-se de um indicador com variação de soma zero, esses resultados indicam que a volta da produção de minério em Mariana a partir de 2018 não é suficiente para recuperar de maneira plena os resultados negativos sobre o emprego nesses municípios em relação as outras regiões.

**Figura 13** – Impacto do desastre minerário de Mariana sobre o Emprego real nas regiões consideradas no Modelo DamAge no cenário com retomada da produção em Mariana (desvio % acumulado em relação ao cenário base, 2016-2020).



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do modelo DamAge.

## 5. Considerações Finais

A primeira simulação projetou os efeitos do desastre sem a retomada da atividade mineradora, para todo o horizonte de tempo adotado nas simulações (2016-2020). Nesse cenário, apesar da predominância de perdas nos municípios de Mariana, Barra Longa e Rio Doce, os resultados indicaram espalhamento relevante dos impactos negativos nos municípios ao longo do rio Doce, transmitidos principalmente pelas compras e vendas regionais.

No geral, para as regiões a jusante do trecho atingido do rio Doce o período de cinco anos adotado nesse cenário não foi suficiente para as regiões apresentarem recuperação completa dos principais indicadores econômicos em relação a um cenário base sem a ocorrência do desastre. Isso se explica, em boa parte, pela permanência das perdas e danos sofridos por essas regiões, implementadas no modelo por meio de choques negativos sobre a produtividade do capital.

Por outro lado, regiões com menor proximidade geográfica com o município de Mariana, menor participação de Mariana no seu fluxo de comércio total e que possuem a produção de minério de ferro como importante parcela de sua produção, apresentaram variações positivas no PIB e exportações regionais apesar dos impactos negativos indiretos do desastre. Isso se deveu à hipótese utilizada na simulação, de realocação produtiva para essas regiões da produção de minério de ferro de Mariana. Esta hipótese de simulação se baseou nos dados observados de produção mineral entre 2015 e 2016.

A segunda simulação diferencia-se da primeira por acrescentar a projeção dos efeitos de uma possível retomada da produção de minério de Mariana a partir de 2018, com o intuito de identificar sua contribuição para a recuperação dos principais indicadores econômicos regionais. Nesse cenário, a retomada em Mariana da produção de minério de ferro ao nível pré-desastre no período de 2018 até 2020, no geral, não foi suficiente para apresentar plena recomposição econômica, apesar de contribuir na aceleração do processo de recuperação.

As variações obtidas nesse cenário sobre o emprego real, indicador que apresenta variações de soma zero para as regiões e bastante sensível a choques na produção, expõe bem o fato da retomada da produção

de minério em Mariana a partir de 2018 não ser o suficiente para reverter a parcela de empregos perdida pela maior parte dos municípios a jusante do rio doce, principalmente Mariana, Barra Longa e Rio Doce.

A inclusão da hipótese de redirecionamento da produção de minério suspensa em Mariana para outras regiões expôs o grau de sensibilidade dos principais indicadores econômicos de municípios com forte vocação para essa atividade com relação a alocação produtiva regional do setor. Embora os destacado impacto sobre o PIB desses municípios, o aumento da produção de minério de ferro decorrente da realocação produtiva mostrou-se pouco capaz de gerar efeitos positivos relevantes sobre indicadores do PIB pelo lado da renda, como emprego e consumo, resultado diretamente relacionado ao caráter capital intensivo do setor.

Seja no cenário com retomada da produção de minério no município de Mariana em 2018, seja no cenário sem retomada, os impactos negativos reduzidos obtidos sobre o emprego do município revelam a situação complicada que Mariana se depara na manutenção dos bens e serviços públicos para uma população que tende a permanecer constante diante dos impactos significativos sobre o PIB e arrecadação de tributos.

Sendo assim, é necessário encontrar o denominador comum entre o ônus inerente à atividade minerária, do qual desastres ambientais e seus impactos é apenas uma parte, e o proveito das regiões com relação à capacidade da atividade na geração de divisas, emprego, e outros benefícios, especialmente em economias fortemente atreladas a exploração mineral, como é o caso de Minas Gerais.

## Referências

- ANA. **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce: Rompimento da Barragem em Mariana/MG.** Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce\\_22\\_03\\_2016v2.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/RioDoce/EncarteRioDoce_22_03_2016v2.pdf)>.
- CAVALLO, E.; NOY, I. The Economics of Natural Disasters A Survey. **Development**, v. 3, n. May, p. 395–424, 2010.
- COCHRANE, H. C. Indirect Losses from Natural Disasters: Measurement and Myth. **Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters**. Springer Berlin Heidelberg., p. 37–52, 2004.
- DIXON, P. B. **Orani, a multisectoral model of the Australian economy**. [s.l.] North Holland, 1982. v. 142
- EXAME. MP pede à Justiça a readmissão de funcionários da Samarco. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/negocios/mp-pede-justica-readmissao-de-funcionarios-da-samarco/>>. Acesso em: 25 nov. 2016.
- FARIAS, C. E. G.; COELHO, J. M. Mineração e Meio Ambiente no Brasil. **Relatório Preparado para o CGEE/PNUD**, 2002.
- G1. Acordo entre Samarco e empregados evita demissão coletiva. Disponível em: <<http://g1.globo.com/minas-gerais/desastre-ambiental-em-mariana/noticia/2016/11/acordo-entre-samarco-e-empregados-evita-demissao-coletiva-ate-marco17.html>>. Acesso em: 3 dez. 2016.
- HORRIDGE, M. ORANI-G: A generic single-country computable general equilibrium model. **Centre of Policy Studies and Impact Project, Monash University, Australia**, p. 78, 2006.
- HORRIDGE, M. The TERM model and its database. In: **Economic Modeling of Water**. [s.l.] Springer, 2012. p. 13–35.
- IBAMA. **Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais.** Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias\\_ambientais/laudo\\_tecnico\\_preliminar.pdf](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/noticias_ambientais/laudo_tecnico_preliminar.pdf)>. Acesso em: 1 abr. 2016.
- IBGE. **Sistema de Contas Nacionais**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 5 maio. 2015.
- ONU. **Brazilian mine disaster – UN experts call for a timely resolution after the settlement suspension**. Disponível em: <<http://www.ohchr.org/en/NewsEvents/Pages/DisplayNews.aspx?NewsID=20242&LangID=E>>. Acesso em: 2 jul. 2016.
- SEDRU/MG. **Avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana - MG**. Disponível em: <[http://www.urbano.mg.gov.br/images/NOTICIAS/2016/relatorio\\_final.pdf](http://www.urbano.mg.gov.br/images/NOTICIAS/2016/relatorio_final.pdf)>. Acesso em: 2 ago. 2016.