

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
CAMPUS GOVERNADOR VALADARES  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA**

**Isabella Carraro Azevedo Batista**

**IMPACTOS ECONÔMICOS DO DESASTRE DE MARIANA EM DIFERENTES  
NÍVEIS DE VIZINHANÇA**

**GOVERNADOR VALADARES**

**2024**

**Isabella Carraro Azevedo Batista**

**IMPACTOS ECONÔMICOS DO DESASTRE DE MARIANA EM DIFERENTES  
NÍVEIS DE VIZINHANÇA**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências  
Econômicas da Universidade Federal de Juiz  
de Fora, Campus Governador Valadares, como  
requisito para obtenção do título de Bacharel  
em Ciências Econômicas.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius de Azevedo Couto Firme

Governador Valadares

2024

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária da UFJF,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Batista, Isabella Carraro Azevedo.

Impactos econômicos do desastre de Mariana em diferentes  
níveis de vizinhança / Isabella Carraro Azevedo Batista. -- 2024.  
33 p.

Orientador: Vinícius de Azevedo Couto Firme

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Campus Avançado de Governador  
Valadares, Instituto de Ciências Sociais Aplicadas - ICSA, 2024.

1. Desastre tecnológico. 2. Efeito regional. 3. Modelo de diferença  
em diferenças. I. Firme, Vinícius de Azevedo Couto, orient. II. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**

**Isabella Carraro Azevedo Batista**

**Impactos econômicos do desastre de Mariana em diferentes níveis de vizinhança**

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Juiz de Fora, Campus Governador Valadares, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovada em 06 de setembro de 2024

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. Vinícius de Azevedo Couto Firme** - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

---

**Prof.a. Dra. Carolina Rodrigues Correa Ferreira**

Universidade Federal de Juiz de Fora

---

**Prof. Dr. Geraldo Moreira Bittencourt**

Universidade Federal de Juiz de Fora



Documento assinado eletronicamente por **Vinicius de Azevedo Couto Firme, Professor(a)**, em 17/09/2024, às 09:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Carolina Rodrigues Correa Ferreira, Professor(a)**, em 17/09/2024, às 09:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Isabella Carraro Azevedo Batista, Usuário Externo**, em 17/09/2024, às 09:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



Documento assinado eletronicamente por **Geraldo Moreira Bittencourt, Professor(a)**, em 17/09/2024, às 10:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf ([www2.u.f.br/SEI](http://www2.u.f.br/SEI)) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1988173** e o código CRC **BC349229**.

---

**Referência:** Processo nº 23071.932421/2024-49    SEI nº 1988173

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, que desde sempre me incentivou a seguir meus sonhos. Em especial, à minha avó Cida e mãe Taciane, mulheres fortes, independentes e inteligentes, que nunca mediram esforços para que eu chegasse até aqui, me ensinaram tudo o que eu sei e quero me tornar. Ao meu avô Élcio e meu tio Raphael que, com tanto amor e carinho, me criaram e sempre serão fonte de inspiração.

A todos os meus amigos, em especial Alcilene, Tiago e Gabriel que, com conversas e apoio, tornaram esta experiência mais leve e inesquecível.

Ao meu orientador, o Prof. Vinícius, que abraçou este tema e tornou o processo mais tranquilo e estimulante, com tamanha compreensão e paciência. Sua orientação e dedicação são excepcionais e serão exemplo para a profissional que quero me tornar.

Aos professores e professoras, que compartilharam seus conhecimentos com maestria e dedicação, inspirando-me a seguir nesta área.

## RESUMO

A fim de avaliar os impactos econômicos do desastre de Mariana (ocorrido em 5/11/2015), em diferentes níveis de vizinhança, nos 3, 4 e 5 anos pós-ocorrido, esta pesquisa usou um painel-espacial na forma de diferença-em-diferenças (DD), com variáveis adicionais de controle. Verificou-se que os prejuízos diretos foram maiores nos municípios mais próximos ao Rio Doce e diminuíram, ordenadamente, com a distância (mas mantiveram-se significativos em todo o território de Minas Gerais e Espírito Santo). Os efeitos mais severos ocorreram na agropecuária e indústria (sendo este com menor amplitude regional), tornando-se mais brandos no setor de serviços. Estima-se que as perdas diretas (em valores de 2022), aumentaram no decorrer dos 3, 4 e 5 anos pós-desastre, acumulando valores entre R\$ 151.9, R\$ 297.9 e R\$ 498.2 bilhões, respectivamente. Já os efeitos totais seriam mais modestos, com cifras de R\$ 81.7, R\$ 146.3 e R\$ 256 bilhões, no mesmo período.

**Palavras-chave:** Desastre tecnológico; Efeito regional; Modelo de diferença em diferenças.

## ABSTRACT

To assess the economic impacts of the Mariana disaster (which occurred on November 5, 2015) on different levels of neighborhood, in the 3, 4, and 5 years after the incident, this research employed a panel-data with spatial-difference-in-difference models (DD) and additional control variables. We have found that direct losses were greater in municipalities closer to the Doce River and that such effects decreased (orderly) with distance (but remaining significant throughout the territories of Minas Gerais and Espírito Santo). The most severe effects occurred in agriculture and industry (the latter with a smaller regional range), becoming milder in the service sector. We estimate that the direct losses increased over the 3, 4, and 5 years' post-disaster, accumulating values (in R\$/2022) between R\$ 151.9, R\$ 297.9, and R\$ 498.2 billion, respectively. However, the total effects are less substantial, with figures of 81.7, R\$ 146.3, and R\$ 256 billion in the same period.

**Keywords:** Technological disaster; Regional effect; Difference-in-differences model.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Variações no PIB dos municípios do Sudeste antes e após o desastre de Mariana (R\$ Bilhões de 2010).....	13
<b>Tabela 2.</b> Estatísticas descritivas da base de dados .....	19
<b>Tabela 3.</b> Impactos do desastre de Mariana no PIB total (PIBtot).....	22
<b>Tabela 4.</b> Impactos econômicos do desastre de Mariana na indústria, serviços e agropecuária .....	24
<b>Tabela 5.</b> Efeitos diretos (ED), indiretos (EI) e totais (ET) do desastre de Mariana.....	25

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>DESASTRE DE MARIANA: AMPLITUDE ESPACIAL, EFEITOS ECONÔMICOS E FATORES DE CONFUSÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA E BASE DE DADOS</b> .....	<b>15</b>
3.1	BASE DE DADOS .....	17
<b>4</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS</b> .....	<b>20</b>
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>28</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, no município de Mariana, Minas Gerais, ocorrido em 5 de novembro/2015, foi um dos maiores desastres ambientais do Brasil. A barragem, de propriedade da Samarco Mineração S.A. (uma *joint venture* entre a Vale S.A. e a BHP Billiton), continha rejeitos de mineração de ferro e sua ruptura liberou mais de 60 milhões de metros cúbicos de lama tóxica, afetando diversas comunidades próximas ao Rio Doce (Milanez e Losekann, 2016; Teixeira, 2019). Apesar dos diques de contenção, instalados pela Samarco em fevereiro/2016, mais de 11,4 bilhões de litros de rejeitos já haviam vazado nos 12 meses seguintes ao rompimento (Firmiano, 2018) e, Milanez e Losekann (2016) afirmam que o vazamento poderia chegar a quase 60 bilhões de litros de rejeitos. De acordo com Zhouri *et al* (2016) o rompimento da barragem é considerado um desastre tecnológico, uma vez que foi causado pela ação humana, assim como o desastre nuclear de Chernobyl. Portanto, é diferente de desastre ambiental, que é causado pela ação da natureza, como enchentes, terremotos e furacões. Para Zhouri *et al* (2016), este desastre tecnológico poderia ter sido evitado, caso as autoridades não tivessem ignorado os alertas das perícias técnicas, emitidos em 2013.<sup>1</sup>

Além das 19 mortes humanas, o desastre impôs graves perdas socioeconômicas e ambientais à região da bacia do Rio Doce (composta por 202 municípios de Minas Gerais e 26 do Espírito Santo), com milhares de desalojados, contaminação da água/solo, sobrecarga do sistema de saúde, prejuízos à agricultura (inclusive com interrupção da pesca), ao turismo, ao setor industrial e às demais empresas que operavam na região (Fernandes *et al*, 2016; Milanez e Losekann, 2016; Simonato, 2017; Castro e Almeida, 2019; Freitas *et al*, 2019; Peixoto e Asmus, 2020). Em Mariana, o desastre ainda ampliou o desemprego e causou forte queda na arrecadação municipal (Passos, Coelho e Dias, 2017).

Como forma de reparar tais danos, foram firmados acordos entre as empresas envolvidas (Vale S.A., Samarco Mineração e BHP Billiton) e o Ministério Público Federal. O mais significativo ocorreu em 2016 e estabeleceu uma indenização superior a R\$ 20 bilhões, em parcelas que deveriam ser pagas ao longo de 15 anos (Salinas, 2016; Firmiano, 2018), por meio

---

<sup>1</sup> A própria valorização (2005-2011) e declínio (em 2012) no preço internacional do minério de ferro explicaria a sequência de desastres neste setor (Simonato, 2017). No período favorável, a pressão “pró produção” acabou facilitando certas licenças/vistorias. No declínio, após rápida redução nos gastos com manutenções/segurança (Davies e Martin, 2009; Bowker e Chambers, 2015), ocorreram os rompimentos em Itabirito (2014), Mariana (2015) e Brumadinho (2019), todos em Minas Gerais (Carvalho, 2018; Almeida, Jackson Filho e Vilela, 2019).

da recém-criada Fundação Renova (Godoy e Dias, 2021). Porém, Brígido (2022) afirma que os valores indenizatórios, ainda sob litígio, podem ultrapassar os R\$ 155 bilhões.

Logo, visando avaliar a magnitude e a amplitude regional deste desastre sobre o Produto Interno Bruto (PIB) total, industrial, agropecuário e de serviços, para que eventuais reparações possam ser definidas com base no prejuízo local, esta pesquisa valeu-se de um painel-espacial, na forma de diferença-em-diferenças (DD), tendo como referência os municípios do sudeste brasileiro e considerando 3, 4 e 5 anos pré/pós-desastre. Deste modo, estimou-se os impactos econômicos: a) nos locais diretamente atingidos pela lama do Rio Doce; b) em seus vizinhos de 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> ordem (*i.e.*: próximos ao desastre);<sup>2</sup> c) nos demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo (*i.e.*: não tão próximos, mas pertencentes aos Estados atingidos).

Apesar das evidências sobre as perdas econômicas à região (Simonato, 2017; Firmiano, 2018; Castro e Almeida, 2019; Niquito *et al*, 2021), não foram encontradas estimativas sobre a magnitude destes efeitos, para diferentes níveis de vizinhança, com desagregação setorial e considerando variados períodos pré/pós-desastre. Deste modo, a atual pesquisa destaca-se ao revelar que: a) o prejuízo direto do desastre, sobre o PIB total, foi maior nas proximidades do Rio Doce e diminuiu com a distância (embora permaneça significativo em todo o território de Minas Gerais e Espírito Santo), permitindo sugerir diferentes compensações; b) embora as atividades agrícola e industrial tenham sido mais afetadas, o setor de serviços, que representa quase 50% do PIB do Sudeste, seria responsável por boa parte do prejuízo total estimado; c) apesar das medidas reparatórias, os prejuízos permanecem aumentando, acumulando valores de R\$ 151.9, R\$ 297.9 e R\$ 498.2 bilhões (R\$/2022), nos 3, 4 e 5 anos pós-desastre, nesta ordem. Já o efeito total, que inclui a reação dos vizinhos dos locais atingidos (geralmente positiva e associada à relação comercial local) seria mais modesto, com cifras entre R\$ 81.7, R\$ 146.3 e R\$ 256 bilhões, no mesmo período.

---

<sup>2</sup> Vizinhos de 1<sup>a</sup> ordem são aqueles que fazem fronteira com os municípios atingidos pela lama. Os de 2<sup>a</sup> ordem são contíguos aos de 1<sup>a</sup> ordem e assim por diante.

## 2 DESASTRE DE MARIANA: AMPLITUDE ESPACIAL, EFEITOS ECONÔMICOS E FATORES DE CONFUSÃO

Qualquer desastre natural/tecnológico pode gerar sérios prejuízos socioeconômicos, especialmente em locais menos desenvolvidos, que investem pouco na prevenção/controlado destes eventos (Oliver-Smith, 1996; Shabnam, 2014; Noy e Dupont, 2016). Os danos locais tendem a oscilar conforme o grau do desastre, a vulnerabilidade e a desigualdade interna, a conjuntura político-econômica, o nível de corrupção e a solidez das instituições de regulação e controle.<sup>3</sup> Ademais, os impactos seriam maiores nos anos iniciais ao desastre e tenderiam a ser revertidos ao longo do tempo, devido à entrada de capitais e aos investimentos que costumam suceder tais situações (Mechler, 2004; Kahn, 2005; Raschky, 2008; Porto, 2016). Para Simonato (2017), mesmo após 5 anos do desastre de Mariana, a produção, consumo, emprego, investimento e comércio, das regiões próximas ao Rio Doce, mantinham-se inferiores às registradas antes do desastre.

Para Wu *et al* (2012) e Merz *et al* (2013), estes desastres podem gerar externalidades nocivas às áreas próximas (*i.e.*: efeito indireto negativo), inclusive mais severas que os do local de origem.<sup>4</sup> Já Koks e Thissen (2016) sugerem que regiões vizinhas a um desastre poderiam se beneficiar do maior fluxo de capitais, destinados às áreas atingidas, e da possibilidade de ofertar bens e serviços a estes locais (efeito indireto positivo).<sup>5</sup> Contudo, as regiões mais distantes dificilmente seriam beneficiadas, pois comercializariam pouco com as áreas atingidas e, ainda assim, precisariam arcar com parte dos custos inerentes à catástrofe.

Dito isto, este estudo buscou identificar o efeito econômico do rompimento da barragem da Samarco S.A. nos municípios banhados pelo Rio Doce (epicentro), em seus vizinhos de 1ª a 4ª ordem e no restante de Minas Gerais e Espírito Santo (estes locais, potencialmente afetados,

---

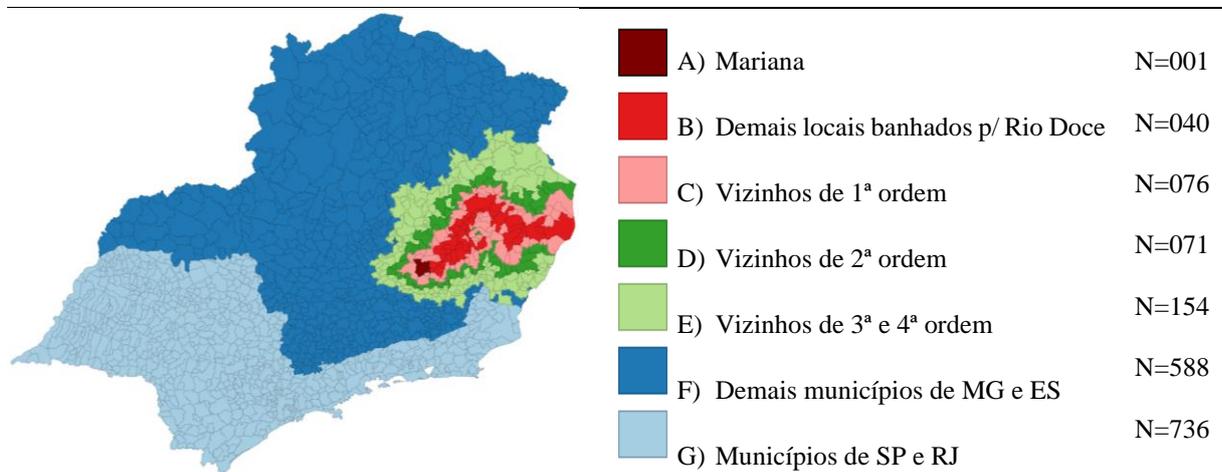
<sup>3</sup> A corrupção nestas instituições, mediante suborno, peculato, desvio de verbas, abuso de cargo e politização, é especialmente nociva ao setor extrativista, pois compromete as leis ambientais e/ou as fiscalizações das atividades de mineração (*Organization for Economic Co-operation and Development* - OECD, 2016).

<sup>4</sup> Firmiano (2018), usando o estimador de diferenças em diferenças, verificou que o desastre de Mariana reduziu o PIB dos vizinhos de 1ª ordem dos municípios atingidos (ordens de vizinhança superiores não foram testadas).

<sup>5</sup> Niquito *et al* (2021, p.2330), ao analisarem o desastre de Mariana, concluem que “*The positive indirect effect (...) may be due to a substitution of production in the locations directly affected and the neighboring municipalities. It is likely that the municipalities close to the affected ones have observed a growing demand in order to fill the gap left in the markets of the region that had their production impaired.*”.

são denominados *grupos de tratamento*).<sup>6</sup> Já os municípios do Rio de Janeiro e São Paulo, supostamente não afetados, seriam o *grupo controle*, que serve referência aos demais (Mapa 1).

**Mapa 1.** Áreas potencialmente afetadas pelo desastre de Mariana



**Notas:** *Grupo Tratamento* (A+B, C, D, E, F) e *Grupo Controle* (G); N = nº de municípios.

**Fonte:** Elaboração própria com base em Firmiano (2018), Niquito *et al* (2021) e no *software* GEODA.

Segundo Saito (2008), os danos econômicos destes desastres podem ser classificados como: 1) leve: prejuízo inferior a 5% do PIB (leve); 2) moderado: entre 5% e 10%; 3) alto: entre 10% e 30%; 4) muito alto: maiores que 30%. No caso de Mariana, estima-se que o PIB dos municípios atingidos reduziu quase 7%, com perdas próximas a 12%, na agricultura, e 19%, no setor industrial (Niquito *et al*, 2021). No setor extrativo, a contração ficaria em torno de 25%, no Espírito Santo, e ultrapassaria os 15%, em Minas Gerais (Castro e Almeida, 2019). Já Simonato (2017) afirma que os impactos ficariam mais concentrados em Minas Gerais (onde o PIB cairia mais de 1,03%) e menos no Espírito Santo (com queda de 0,15%).

Neste tipo de análise, é comum que os municípios supostamente atingidos (*grupo tratamento* - GT) sejam comparados com outras áreas não afetadas (*grupo controle* - GC), em períodos anteriores e posteriores ao evento (Firmiano, 2018; Niquito *et al*, 2021). Assim, é possível diferenciar o que é natural do tempo e o que pode ser atribuído ao desastre (Villa, 2016). Logo, buscou-se confrontar os PIBs (em R\$ bilhões/2010) dos municípios atingidos pela lama (GT1), de seus vizinhos de 1ª a 4ª (GT2 a GT4) e do restante de Minas Gerais e Espírito Santo (GT5) com àqueles pertencentes aos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro (GC), nos 4 anos anteriores e posteriores ao desastre de Mariana (Tabela 1, A e B).

<sup>6</sup> Os 41 municípios atingidos diretamente pela lama da Samarco (37 de Minas Gerais e 4 do Espírito Santo) estão descritos em Niquito *et al* (2021, p.2331). Os seus vizinhos de 1ª a 4ª ordem foram obtidos com base no *software* GEODA, utilizando uma matriz de contiguidade “rainha” (Elhorst, 2014).

A Tabela 1-C revela que houve uma redução de -5.8% (*i.e.*: 94.2 – 100) no PIB ( $\Delta PIB^{tot}$ ) da região sudeste entre 2012-15 e 2016-19. Embora esta queda pudesse ocorrer de forma generalizada entre os grupos considerados, os dados indicam que ela foi puxada pelos locais atingidos pela lama e seus vizinhos (GT1 a GT4), cuja redução da atividade econômica mostrou-se de 8% a 10% mais aguda que a do GC (Tabela 1-D). Ademais, os prejuízos nos GT1 a GT4 (em relação ao GC) revelaram-se maiores na indústria -  $\Delta y^{ind}$  (cuja redução foi de 15% a 20% mais intensa), agropecuária -  $\Delta y^{agro}$  (com perdas entre 6% e 16% mais agudas) e serviços -  $\Delta y^{serv}$  (2% a 4%). Conforme indicado por Koks e Thissen (2016), os demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo (GT5), talvez por situarem-se mais distantes do desastre, parecem ter se beneficiado da situação e obtiveram crescimento ( $\Delta PIB^{tot}$ ) 4% acima ao do GC.

Cabe destacar que os resultados da Tabela 1 não possuem rigor estatístico e, portanto, não permitem maiores inferências. Para tanto, é preciso controlar adequadamente a tendência associada aos grupos de tratamento (GT) e controle (GC) e considerar outras variáveis (*i.e.*: fatores de confusão), que também poderiam afetar a atividade econômica destas localidades.

**Tabela 1.** Variações no PIB dos municípios do Sudeste antes e após o desastre de Mariana (R\$ Bilhões de 2010)

Variável (PIB) Grupos (G)		(A) $PIB_t$ (média: 2012-2015)				(B) $PIB_{t+1}$ (média: 2016-2019)			
		$y_t^{ind}$	$y_t^{serv}$	$y_t^{agro}$	$PIB_t^{tot}$	$y_{t+1}^{ind}$	$y_{t+1}^{serv}$	$y_{t+1}^{agro}$	$PIB_{t+1}^{tot}$
GT1	Atingidos pela lama	10.2	10.7	0.6	28.2	7.1	10.4	0.5	24.6
GT2	Vizinhos 1ª Ordem	7.3	6.2	1.2	19.5	4.9	5.9	1.1	16.6
GT3	Vizinhos 2ª Ordem	10.7	8.5	1.4	26.2	7.6	8.0	1.3	22.4
GT4	Vizinhos 3ª/4ª Ordem	39.5	73.5	2.1	159.8	26.1	70.4	1.9	138.4
GT5	Demais de MG e ES	58.5	97.4	16.5	234.8	52.7	98.6	15.3	230.8
GC	Demais do RJ e SP	374.5	953.9	21.9	1833.0	309.0	948.9	22.5	1735.8
	Sudeste (total)	500.6	1150.1	43.7	2301.5	407.4	1142.2	42.6	2168.6
Variável/Cálculo Grupos (G)		(C) $\Delta PIB$ (entre 2012-15 e 2016-19)*				(D) Diferença entre os GTs e o GC			
		$\frac{y_{t+1}^{ind}}{y_t^{ind}}$	$\frac{y_{t+1}^{serv}}{y_t^{serv}}$	$\frac{y_{t+1}^{agro}}{y_t^{agro}}$	$\frac{PIB_{t+1}^{tot}}{PIB_t^{tot}}$	$\frac{\Delta y_{GT}^{ind}}{\Delta y_{GC}^{ind}}$	$\frac{\Delta y_{GT}^{serv}}{\Delta y_{GC}^{serv}}$	$\frac{\Delta y_{GT}^{agro}}{\Delta y_{GC}^{agro}}$	$\frac{\Delta PIB_{GT}^{tot}}{\Delta PIB_{GC}^{tot}}$
GT1	Atingidos pela lama	69.9	97.0	85.6	87.2	0.85	0.98	0.84	0.92
GT2	Vizinhos 1ª Ordem	67.1	95.5	90.0	85.1	0.81	0.96	0.88	0.90
GT3	Vizinhos 2ª Ordem	70.8	94.5	96.6	85.5	0.86	0.95	0.94	0.90
GT4	Vizinhos 3ª/4ª Ordem	65.9	95.9	89.7	86.6	0.80	0.96	0.88	0.91
GT5	Demais de MG e ES	90.2	101.3	93.0	98.3	1.09	1.02	0.91	1.04
GC	Demais do RJ e SP	82.5	99.5	102.4	94.7	1.00	1.00	1.00	1.00
	Sudeste (total)	81.4	99.3	97.5	94.2	0.99	1.00	0.95	1.00

**Notas:** GT = grupo tratamento; GC = grupo controle (não afetado); (\*) valores vezes 100.

**Fonte:** Elaboração própria com base nas contas regionais do IBGE (IPEADATA, 2023).

Como o foco deste estudo recai sobre um curto período pré/pós-desastre, é provável que as diferenças, na atividade econômica do GT e GC, decorram de mudanças na política fiscal e/ou monetária de curto-prazo (Brimmer e Sinai, 1986; Galí, 1992; Mankiw, 2015) e dependam

pouco do (estável/vagaroso) acúmulo de capital (Solow, 1956; Swan, 1956). Ainda assim, assumiu-se que as condições atuais de saúde e educação poderiam afetar a produtividade dos trabalhadores e, portanto, toda a economia local (Mankiw, Romer e Weil, 1992; Miller e Upadhyay, 2000; Bhargava *et al.*, 2001). Ademais, visando controlar influências externas, o comércio internacional também foi considerado (Daumal e Özyurt, 2011; Zhang, 2009; Özyurt e Daumal, 2013). Testou-se, ainda, o grau de concentração dos trabalhadores, em diferentes setores, sob a hipótese de que a diversificação fortaleceria os encadeamentos produtivos locais (Miller e Blair, 2009), enquanto a concentração poderia gerar ganhos de especialização/escala (Madiedo *et al.*, 2012). Por fim, conforme Firmiano (2018) e Niquito *et al.* (2021), incluiu-se a população municipal, a fim de captar certos aspectos demográficos locais.

Portanto, além do efeito oriundo do próprio desastre (cuja mensuração será descrita na seção 3) e baseando-se na literatura nacional (cuja oferta de dados pode diferir da internacional), assumiu-se que a atividade econômica ( $y$ ) dos  $i$  municípios da região sudeste do Brasil, nos períodos pré/pós-desastre ( $t$ ), poderia ser afetada por:

$$y_{it} = f(GPC_{it}; GPK_{it}; CRD_{it}; SAU_{it}; EDU_{it}; CC_{it}; CMT_{it}; POP_{it}) \quad (1)$$

Onde:  $GPC$  e  $GPK$  são os gastos municipais correntes e de capitais (Divino e Silva Júnior, 2012; Costa, Lima e Silva, 2014);  $CRD$  revela o uso local de crédito bancário (Kroth E Dias, 2006; Galeano e Feijó, 2012; Fraga Júnior e Monte, 2023);  $SAU$  e  $EDU$  medem o nível de saúde e educação (Noronha *et al.* 2010; Firme e Simão Filho, 2014; Firmiano, 2018);  $CC$  é a intensidade do comércio externo (Mendes, Hidalgo e Luchine, 2022);  $CMT$  capta o grau de concentração do mercado de trabalho (Fochezatto e Valentini, 2010; Firmiano, 2018);<sup>7</sup>  $POP_{it}$  é a população.

---

<sup>7</sup> Como controle, Niquito *et al.* (2021) avaliaram apenas a participação eleitoral e o alinhamento partidário dos municípios (com as esferas superiores), sob a hipótese de que poderia haver algum favorecimento local. Contudo, acredita-se que o montante de gastos públicos municipais e de concessão de crédito já captem quaisquer regalias.

### 3 METODOLOGIA E BASE DE DADOS

Visando avaliar os impactos econômicos do desastre de Mariana, nos municípios potencialmente afetados (*Grupo Tratamento – GT*), usou-se o método de diferença-em-diferenças (DD), com dados em painel (Firmiano, 2018) e controles espaciais (Niquito *et al*, 2021). A estimação via DD requer que seja possível: a) definir o *GT* e o *Grupo Controle (GC)*, supostamente não afetado);<sup>8</sup> b) identificar o período de corte, anterior e posterior ao choque;<sup>9</sup> c) assegurar que o efeito do desastre não foi antecipado pelo *GT*;<sup>10</sup> d) garantir que a atividade econômica do *GT* e do *GC* teriam tendências paralelas (*i.e.*: similares) na ausência do desastre (Villa, 2016; Roth *et al*, 2023).<sup>11</sup> Segundo Wooldridge (2010b), o uso de um painel de dados permite utilizar certas características municipais, não-observadas e invariantes no tempo (*e.g.*: preferências, cultura, etc.), para reduzir a variância residual (*i.e.*: modelo de efeitos aleatórios - EA) ou eliminar vieses nas estimativas (*i.e.*: modelo de efeitos fixos - EF). Por fim, como a economia municipal brasileira costuma depender dos seus vizinhos (Firme, 2022),<sup>12</sup> buscou-se controlar a dependência espacial (Elhorst, 2014; Delgado e Florax, 2015).

Operacionalmente, o modelo DD envolve a seguinte estimação (Villa, 2016):

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_t Td_t + \beta_g GT_i + \beta_{gt}(GT_i * Td_t) + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Onde:  $y_{it}$  é a atividade econômica dos  $i$  municípios, no período  $t = 0$  (pré-desastre) e  $t = 1$  (pós-desastre);  $Td_t$  mede a tendência, cujo valor é zero, no pré-desastre, e um, no pós-desastre;  $GT_i$  é uma *dummy*, com valor unitário para os municípios do *grupo de tratamento (GT)* e zero aos demais;  $\varepsilon_{it}$  é o resíduo. Assim, pode-se estimar o valor médio de  $y$ , no *grupo controle (GC)* e no *GT*, no pré-desastre [ $\beta_0$  e  $(\beta_0 + \beta_g)$ ] e no pós desastre [ $(\beta_0 + \beta_t)$  e  $(\beta_0 + \beta_t + \beta_g + \beta_{gt})$ ], respectivamente. Como a diferença entre o *GT* e o *GC*, no pré-desastre e pós-desastre é,

<sup>8</sup> Rever Mapa 1 e Tabela 1.

<sup>9</sup> Assim como Niquito *et al* (2021), assumiu-se que 2016 em diante seria o período pós-tratamento.

<sup>10</sup> Como o referido desastre não foi previsto pelas autoridades locais, acredita-se que este pressuposto seja válido.

<sup>11</sup> Tal hipótese não é diretamente testável, pois não há como saber qual seria a atividade econômica do *GT*, caso o desastre não tivesse ocorrido. Logo, costuma-se analisar as tendências pré-desastre (*pre-trends*) do *GT* e do *GC*, assumindo-se que elas não mudariam facilmente sem uma intervenção externa (Roth *et al*, 2023, p.2229-2236).

<sup>12</sup> Ignorar esses efeitos espaciais poderia gerar estimativas enviesadas e/ou ineficientes (Elhorst, 2014).

nesta ordem,  $\beta_g$  e  $(\beta_g + \beta_{gt})$ , a *diferença-em-diferenças* (DD) é o parâmetro  $\beta_{gt}$ , que mede o efeito do desastre sobre o *GT*, quando comparado ao *GC*.

Assumindo que a atividade econômica municipal ( $y_{it}$ ) também possa ser afetada por  $k$  fatores exógenos, não relacionados ao desastre ( $X_{it,k}$ ), e incluindo  $g = 5$  *grupos de tratamento* ( $GTg_i$ ) na Equação 2 (vide Tabela 1 e Mapa 1),<sup>13</sup> tem-se que:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_t Td_t + GTg_i \beta_g + (GTg_i * Td_t) \beta_{gt} + X_{it,k} \beta_k + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Sendo:  $X_{it,k}$  uma matriz, de dimensão  $(i * t)$  linhas por  $k$  colunas,<sup>14</sup> que contém as  $k$  variáveis explicativas expostas na Equação 1; neste caso, os diferentes  $\beta_{gt}$  medem o efeito do desastre sobre os respectivos  $GTg_i$  (*i.e.*:  $GT1_i, \dots, GT5_i$ ).

A Equação 3, pode ser estimada via *pooled ordinary least squares* (POLS), usando o teste de Breusch-Pagan (1980) para verificar se há algum efeito não observado,  $c_i$ , constante no tempo, afetando os resíduos do modelo. Caso  $H_0: \sigma_c^2 = 0$  prevaleça (*i.e.*: variância de  $c_i$  é nula), o POLS é o mais indicado. Caso contrário ( $\sigma_c^2 \neq 0$ ), estima-se os modelos de efeitos fixos (EF) e aleatórios (EA) usando o teste de Hausman (1978) para definir se  $c_i$  causa viés nos parâmetros da Equação 3.<sup>15</sup> Aceitando-se  $H_0: E(x_{it}) = 0$ , EF e EA serão consistentes, porém EA será mais eficiente. Do contrário, apenas EF será consistente (Wooldridge, 2010b). Optou-se por estimar os modelos EF e EA antes do POLS. Assim, se o teste de Hausman (1978) indicar que apenas o estimador de EF é consistente, não há a necessidade do POLS. Em todos os casos, usou-se a matriz robusta de White (1980) para minimizar problemas de heterocedasticidade.

Visando controlar a dependência espacial na variável dependente ( $Wy_{it}$ ), nas variáveis explicativas [ $WGTg_i$ ,  $W(GTg_i * Td_t)$  e  $WX_{it,k}$ ] e no termo de erro ( $W\xi_{it}$ ), da Equações 3, usou-se uma matriz de contiguidade espacial “rainha” ( $W$ ).<sup>16</sup> Formalmente:

<sup>13</sup> Para Zhou *et al* (2016, p.421), o modelo DD “*can be further generalized to include more time periods (T), more groups (G), and additional covariates*” ( $X_{it,k}$ ). Ademais, a hipótese de *tendências paralelas*, condicionada ao conjunto de variáveis  $X_{it,k}$ , é bem mais crível que a sua versão incondicional (Roth *et al*, 2023, p.2229-2230).

<sup>14</sup> Logo,  $(i * t) = (1666 * 2) = 3332$  (ver Base de Dados) e  $k = 8$  (Equação 1).

<sup>15</sup> Sendo  $y_{it} = X_{it} \beta_k + c_i + \varepsilon_{it}$ , o método EF elimina  $c_i$  ao usar os desvios das variáveis em relação à média (*e.g.*:  $\check{y}_{it} = y_{it} - \bar{y}_i$ ), ou seja,  $\check{y}_{it} = \check{X}_{it} \beta_k + \check{\varepsilon}_{it}$ . Já o EA inclui  $c_i$  no termo de erro (*i.e.*:  $y_{it} = X_{it} \beta_k + v_{it}$ , onde:  $v_{it} = c_i + \varepsilon_{it}$ ) e usa a correlação serial de  $c_i$  em  $v_{it}$  para tornar as estimativas mais eficientes (Wooldridge, 2010b).

<sup>16</sup> Embora existam outras possibilidades, LeSage e Pace (2014) afirmam que os resultados econométricos-espaciais seriam pouco sensíveis à escolha de matrizes baseadas na proximidade e/ou contiguidade.

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_t T d_t + GT g_i \beta_g + (GT g_i * T d_t) \beta_{gt} + X_{it,k} \beta_k + (WGT g_i) \beta_{wg} + W(GT g_i * T d_t) \beta_{wgt} + (WX_{it,k}) \beta_{wk} + \rho W y_{it} + \xi_{it}, \quad \text{sendo: } \xi_{it} = \lambda(W \xi_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

A Equação 4 foi estimada por *Quasi Máxima-Verossimilhança* (QMV), via método de efeitos fixos espacial – EFE (Lee e Yu, 2010) e de efeitos aleatórios espacial - EAE (Kapoor, Kelejian e Prucha, 2007). Novamente, usou-se o teste de Hausman (1978), para definir entre EFE ou EAE, e o critério de informação de Akaike (AIC), para a adequação geral dos modelos (Wooldridge, 2010b). Todos os procedimentos estão implementados no *software* STATA.

Na Equação 4, o efeito total do desastre (ET), em um *GT* específico (*e.g.*:  $GTg = GT1$ ), dependerá do efeito inicial no referido *GT* (*e.g.*:  $\beta_{gt} = \beta_{gt1}$ ), da reação dos vizinhos de seus municípios (*e.g.*:  $\beta_{wgt} = \beta_{wgt1}$ ) e do efeito multiplicador de  $W y_{it}$  [*i.e.*:  $(I_n - \rho W)^{-1}$ ]. Assim, via *Matriz de Efeitos Parciais*,  $MEP = [(I_n - \rho W)^{-1}(I_n \beta_{gt} + W \beta_{wgt})]$ , onde  $I_n$  é uma matriz identidade, obtém-se o efeito direto (ED = média da diagonal principal da MEP), indireto (EI = média dos demais elementos) e total ( $ET = ED + EI$ ), no aludido *GT* (Lesage e Pace, 2009).

Como a média da diagonal principal de  $|I_n \beta_{gt} + W \beta_{wgt}|$  é  $\beta_{gt}$  (Niquito *et al*, 2021, p.2322), boa parte do ED se deve ao próprio  $\beta_{gt}$ .<sup>17</sup> Já o EI, em um *GT* qualquer, depende da reação média dos vizinhos de cada município deste *GT* (*i.e.*: média dos elementos da matriz  $W \beta_{wgt}$ ) e do multiplicador  $(I_n - \rho W)^{-1}$ , que pode ampliar ( $\rho > 0$ ) ou reduzir ( $\rho < 0$ ) os efeitos oriundos de  $\beta_{gt}$  e  $W \beta_{wgt}$ , sem alterar seus respectivos sinais.<sup>18</sup>

A distinção do ET, em ED e EI, permite separar o que pode ser atribuído diretamente ao desastre (ED) e o que depende das relações de vizinhança (EI), que são alheias ao mesmo, e podem tanto atenuar quanto agravar o ET. Desastres podem tanto favorecer vizinhos que ofertam bens/serviços às áreas atingidas (Koks e Thissen, 2016) quanto prejudicar àqueles cujos insumos são fornecidos pelos locais afetados (Wu *et al*, 2012; Merz *et al*, 2013). Dito isto, espera-se que  $ED_{GTg} < 0$  e aproxime-se de zero ao afastarmos do epicentro do evento (vide Mapa 1). Neste cenário, só seria possível obter um  $EI_{GTg} > 0$  se  $W \beta_{wgt} > 0$ , ou seja, se os vizinhos dos municípios do *GT* analisado fossem beneficiados pelo desastre. Os resultados de Niquito *et al* (2021) indicam que este seria o caso do desastre de Mariana.

### 3.1 BASE DE DADOS

<sup>17</sup> Caso  $\rho = 0$ , ED seria o próprio  $\beta_{gt}$  e EI seria a média dos elementos da matriz  $W \beta_{wgt}$ .

<sup>18</sup> Caso  $\beta_{wgt} = 0$ , o sinal do EI sempre acompanharia o de  $\beta_{gt}$ .

A fim de avaliar a amplitude regional e a magnitude dos efeitos econômicos do desastre de Mariana, em diferentes períodos, usou-se as médias anuais dos seguintes dados, de 1666 municípios da região sudeste, referentes aos anos de 2011-15, 2012-15 e 2013-15 (pré-desastre:  $t = 0$ ) e 2016-20, 2016-19 e 2016-18 (pós-desastre:  $t = 1$ ), respectivamente:<sup>19</sup>

- Atividade econômica (variável dependente): usou-se o PIB total ( $PIB^{tot}$ ), industrial ( $y^{ind}$ ), de serviços ( $y^{serv}$ ) e agropecuário ( $y^{agro}$ ), avaliado em R\$/2010, das contas regionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (IPEADATA, 2023).
- Tendência ( $Tend$ ): trata-se de uma variável discreta, cujos valores são zero (nos anos anteriores ao desastre) e um (nos anos posteriores ao mesmo).
- Grupos de tratamento ( $GT$ ): incluiu-se *dummies* (cujo valor é 1 para os municípios pertencentes ao grupo e 0 para os demais) para os 41 municípios afetados diretamente pelo rompimento da barragem ( $GT_1$ ), seus 76 vizinhos de 1ª ordem ( $GT_2$ ), os 71 de 2ª ordem ( $GT_3$ ), os 154 de 3ª e 4ª ordem ( $GT_4$ ) e para os 588 municípios restantes do Estado de Minas Gerais e Espírito Santo ( $GT_5$ ) – ver Mapa 1.<sup>20</sup>
- Variáveis de controle: considerou-se os gastos públicos correntes ( $GPC$ ) e de capitais ( $GPK$ ), disponibilizados pelo Ministério da Fazenda e convertidos em R\$ de 2010 via INPC (IPEADATA, 2023); o montante de crédito bancário ( $CRD$ ), em R\$ de 2010, utilizado por cada município e fornecido pelo Banco Central do Brasil (IPEADATA, 2023); a condição local de saúde ( $SAU$ ), medida via óbitos por causas evitáveis, em pessoas de 5-74 anos (DATASUS, 2023);<sup>21</sup> a população total residente ( $POP$ ), estimada pelo IBGE (IPEADATA, 2023); a corrente de comércio ( $CC$ ), avaliada em R\$ 2010,<sup>22</sup> que inclui o somatório das exportações e importações (Secretaria de Comércio Exterior – SECEX, IPEADATA, 2023); o total de empregados com ensino médio ( $EDUM$ ) e superior ( $EDUS$ ) completo (RAIS, 2023); a concentração do mercado de trabalho ( $CMT$ ) que, via índice de *Herfindahl-Hirschman* -  $IHH_{i,t}$  (Sarmiento e Nunes, 2015), mede a distribuição dos empregados ( $EMP$ ) de cada município ( $i$ ), no ano ( $t$ ), entre os

<sup>19</sup> Para que os representem as elasticidades entre as variáveis explicativas e a dependente (Wooldridge, 2010a, p.44) e visando reduzir problemas de não normalidade (Pino, 2014, p.28), os dados foram tomados em logaritmo (exceto as *dummies*, a variável de tendência e o índice de CMT).

<sup>20</sup> O grupo controle (GC) engloba os 736 municípios de São Paulo e Rio de Janeiro e serve apenas de referência às estimativas dos GTs.

<sup>21</sup> Utilizou-se o local de residência do indivíduo como referência do óbito.

<sup>22</sup> Os dados originais (em US\$) foram convertidos em R\$ via taxa de câmbio comercial (R\$/US\$) e transformados em valores de 2010 com base na variação anual do INPC (IPEADATA, 2023).

$n = 5$  macro-setores do IBGE (*i.e.*: indústria, construção civil, comércio, serviços e agropecuária), disponíveis na RAIS (2023).<sup>23</sup>

A Tabela 2 traz as principais estatísticas descritivas dos dados utilizados nesta pesquisa.

**Tabela 2.** Estatísticas descritivas da base de dados

Período usado no painel ⇒		$t_0 = 2013\_15; t_1 = 2016\_18$				$t_0 = 2012\_15; t_1 = 2016\_19$				$t_0 = 2011\_15; t_1 = 2016\_20$			
Variáveis	Medida	Mín.	Máx.	D.P.	Méd.	Mín.	Máx.	D.P.	Méd.	Mín.	Máx.	D.P.	Méd.
$PIB^{tot}$	R\$ milhão (2010)	11.3	456.7k	12506.7	1335.6	11.1	457.8k	12523.6	1341.6	10.9	458.9k	12418.8	1334.4
$y^{ind}$	R\$ milhão (2010)	0.4	49.3k	1487.6	266.9	0.4	50.5k	1517.0	272.5	0.3	51.9k	1533.1	275.4
$y^{serv}$	R\$ milhão (2010)	2.5	297.6k	7928.1	688.3	2.4	296.5k	7930.1	688.0	2.5	294.9k	7849.3	679.9
$y^{agro}$	R\$ milhão (2010)	0.0	0.45k	38.4	26.1	0.0	0.45k	38.0	25.9	0.0	0.47k	39.1	26.6
$Tend$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.50	0.50	0.00	1.00	0.50	0.50
$GT_1$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.15	0.02	0.00	1.00	0.15	0.02	0.00	1.00	0.15	0.02
$GT_2$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.21	0.05	0.00	1.00	0.21	0.05	0.00	1.00	0.21	0.05
$GT_3$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.20	0.04	0.00	1.00	0.20	0.04	0.00	1.00	0.20	0.04
$GT_4$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.29	0.09	0.00	1.00	0.29	0.09	0.00	1.00	0.29	0.09
$GT_5$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.48	0.35	0.00	1.00	0.48	0.35	0.00	1.00	0.48	0.35
$GC$	Binária (0 ou 1)	0.00	1.00	0.50	0.44	0.00	1.00	0.50	0.44	0.00	1.00	0.50	0.44
$GPC$	R\$ milhão (2010)	2.25	20.1k	538.51	65.93	1.68	20.5k	529.73	65.18	1.35	21.1k	527.15	64.66
$GPK$	R\$ milhão (2010)	0.02	4.5k	117.98	10.83	0.02	4.4k	117.99	11.32	0.01	4.3k	118.35	11.76
$CRD$	R\$ milhão (2010)	0.00	360.5k	9050.17	293.24	0.00	310.0k	8294.61	274.25	0.00	282.6k	7710.67	258.90
$SAU$	Óbitos (milhar)	0.00	40.62	0.96	0.17	0.00	40.67	0.97	0.17	0.00	40.67	0.97	0.17
$POP$	Pop. (milhar)	0.80	12107.3	352.18	51.54	0.80	12143.5	351.26	51.38	0.79	12179.8	350.74	51.29
$CC$	R\$ milhão (2010)	0.00	44.0k	1700.14	275.56	0.00	41.6k	1711.76	278.02	0.00	40.2k	1735.25	282.64
$EDUM$	Trab. (milhar)	0.02	2258.06	62.99	6.67	0.02	2245.52	63.04	6.66	0.02	2219.71	62.66	6.63
$EDUS$	Trab. (milhar)	0.01	1557.85	41.66	3.00	0.01	1572.07	41.46	2.98	0.01	1575.88	40.97	2.95
$CMT$	Índice (0.2 a 1)	0.25	0.98	0.14	0.45	0.24	0.97	0.14	0.45	0.24	0.98	0.14	0.45

**Nota:** k indica que o valor deve ser multiplicado por mil.

**Fonte:** Elaboração própria.

<sup>23</sup> Formalmente,  $IHH_{i,t} = \sum_{n=1}^{n=5} \left\{ \left( EMP_{i,n,t} / \sum_{n=1}^{n=5} EMP_{i,n,t} \right)^2 \right\}$ . Logo,  $IHH_{i,t} = 1$ , se apenas 1 setor empregar, e  $IHH_{i,t} = 0.2$ , se todos empregarem a mesma quantia de trabalhadores (*i.e.*: 20% do total).

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme mencionado, o não-enviesamento das estimativas via diferença em diferenças (DD) requer a hipótese de *tendências paralelas*. Ainda que a inclusão de variáveis de controle (Equação 1) facilite sua aceitação, Roth *et al* (2023, p.2235) sugerem que: “*Whether one includes covariates into the DiD analysis or not, we encourage researchers to continue to plot ‘event-study plots’ that allow for a visual evaluation of pre-existing trends.*”.

A rigor, há testes paramétricos associados às *pre-trends*.<sup>24</sup> Todavia, como eles não garantem a validade das *tendências paralelas* (devido ao baixo poder) e podem gerar um viés de seleção, conhecido como “*pre-test bias*” (Roth *et al*, 2023, p.2219), optou-se apenas pela análise gráfica.<sup>25</sup> Logo, se as tendências pré-desastre (*pre-trends*), associadas à atividade econômica ( $y_{it}$ ) do Grupo Controle (GC) e Tratamento (GT), forem (visivelmente) paralelas/similares, assume-se que só um evento externo (*e.g.*: desastre de Mariana) poderia alterá-las (Quadro 1).

A análise gráfica das *pre-trends* (*i.e.*: até o ano 2015) sugere certa similaridade entre as trajetórias do PIB total (em R\$ milhar/2010 - *per capita*)<sup>26</sup> dos 5 GTs em relação ao GC,<sup>27</sup> no período anterior ao desastre. O mesmo se aplica ao setor de serviços ( $y^{serv}$ ), cujas tendências (dos GTs e GC) seguem, praticamente, equidistantes neste período.

Quanto à agropecuária ( $y^{agro}$ ), nota-se que GT1, GT3, GT4 e GC possuem trajetórias, razoavelmente, estáveis e similares. Já os GT2 e GT5 apresentam pontos de inflexão mais contundentes e, por vezes, divergentes do GC. No que tange à indústria ( $y^{ind}$ ), parece que apenas o GT4 e GT5 mostraram tendências semelhantes às do GC. Nos GT1, GT2 e GT3, a abrupta queda do  $y^{ind}$ , entre 2013-15 (em relação ao GC), pode acabar inflando os efeitos do desastre nestes grupos (Quadro 1).

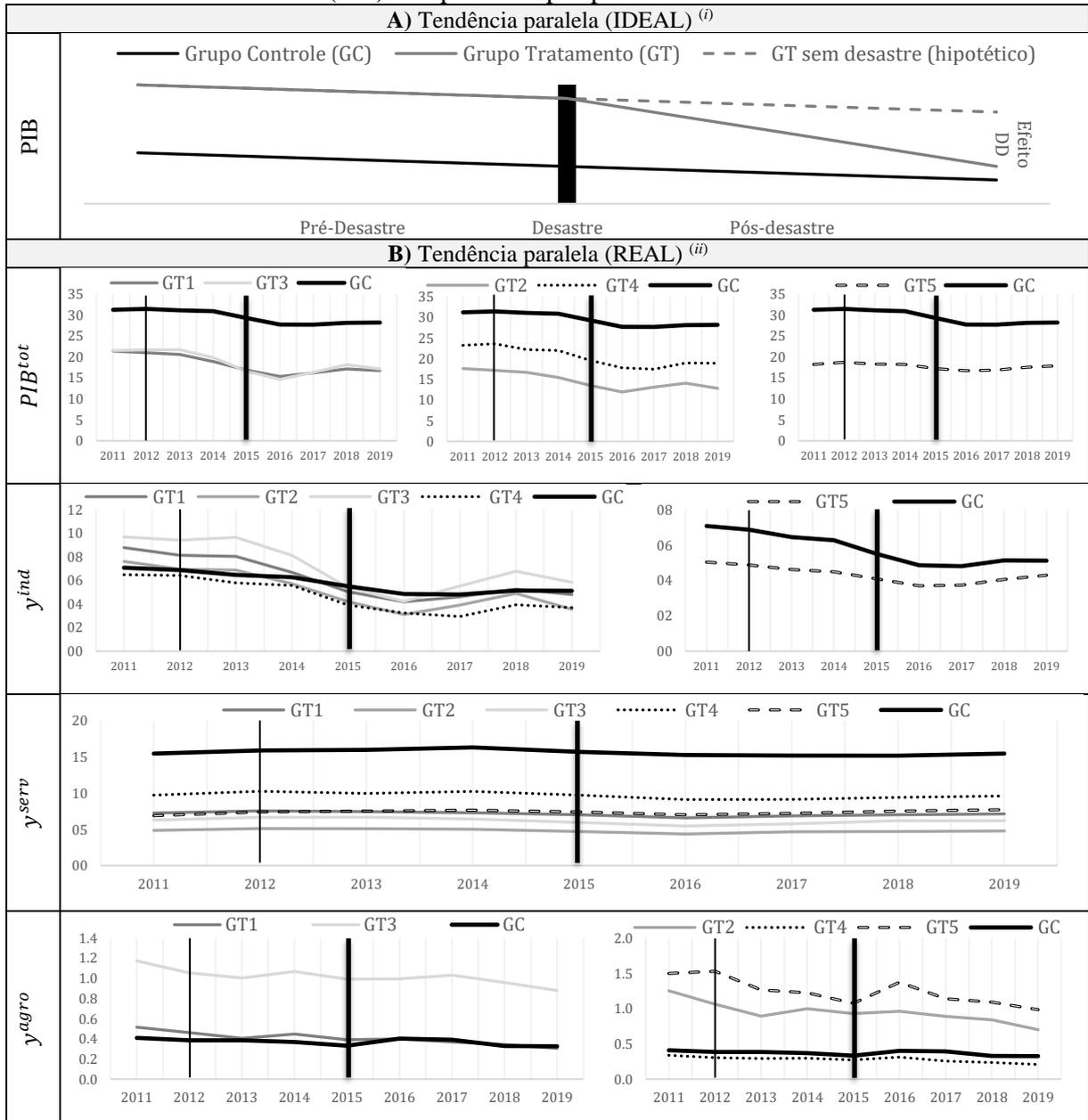
<sup>24</sup> Para Mora e Regio (2012, p.2): “*The simplest procedure to check common pre-treatment trends consists on conducting DID on the last pre-treatment period*”, onde espera-se que  $\beta_{gt}$  (Equação 2, 3 e 4) seja não-significativo.

<sup>25</sup> “*While event-study plots play an important role in evaluating the plausibility of the parallel trends assumption, we think it is important to appreciate that tests of pre-trends may be underpowered to detect relevant violations of parallel trends*” (Roth *et al*, 2023, p.2236).

<sup>26</sup> Em modelos *log-log*, os coeficientes estimados com valores totais ou *per capita* são, rigorosamente, os mesmos.

<sup>27</sup> Rever Mapa 1 e Tabela 1.

**Quadro 1.** Tendências associadas à atividade econômica dos grupos de tratamento (GT) e controle (GC) nos períodos pré/pós-desastre de Mariana



**Notas:** *i*) tendência ideal baseada em Villa (2016, p.53); *ii*) PIB *per capita*, em milhares de R\$/2010.

**Fonte:** elaboração própria.

Dadas as ressalvas sobre as *tendências paralelas* e considerando (inicialmente) os anos de 2012-2015 (pré-desastre) e 2016-2019 (pós-desastre), nota-se que o modelo “a” (Tabela 3), baseado na Equação 2 e estimado por efeitos aleatórios (EA), sugere que o  $PIB^{tot}$  do GT1 era, em média, 29% menor que o do GC,<sup>28</sup> antes do desastre ( $\beta_g = -0.29$ ), e tornou-se 31% menor após o mesmo ( $\beta_g + \beta_{gt} = -0.31$ ). Como a diferença entre GT1 e GC, antes e após o desastre,

<sup>28</sup> Neste caso, GT1 engloba os municípios “A” e “B” do Mapa1 e GC inclui todos os demais.

foi de apenas 2% ( $\beta_{gt} = -0.02$ ) e não-significativa (o mesmo ocorre no modelo “b”, via efeitos fixos – EF), pode-se inferir (precipitadamente) que o efeito do desastre foi desprezível no GT1.

**Tabela 3.** Impactos do desastre de Mariana no PIB total ( $PIB^{tot}$ )  
(Pré-desastre: 2012-2015 e Pós-desastre: 2016-2019)

	(Modelo) Método	Modelos incondicionais sem efeitos Espaciais				Modelos incondicionais com efeitos Espaciais		Modelos com efeitos espaciais e variáveis de controle		
		(a) <sup>EA</sup>	(b) <sup>EF</sup>	(c) <sup>EA</sup>	(d) <sup>EF</sup>	(e) <sup>EA</sup>	(f) <sup>EF</sup>	(g) <sup>EA</sup>	(h) <sup>EF</sup>	(i) <sup>EF</sup>
$\beta_0(Cte)$		12.07***	12.06***	12.67***	12.06***	11.09***	EXC.	1.08***	EXC.	EXC.
$\beta_t(Td)$		-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.00	-0.07***	-0.01	-0.01
Efeito inicial nos GTs	$\beta_{g1}(GT_1)$	-0.29	EXC.	-0.89***	EXC.	-0.22	EXC.	0.00	EXC.	EXC.
	$\beta_{gt1}(GT_1 * Td)$	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.12	-0.13	-0.21**	-0.18**	-0.19**
	$\beta_{g2}(GT_2)$			-1.30***	EXC.	-0.89***	EXC.	-0.03	EXC.	EXC.
	$\beta_{gt2}(GT_2 * Td)$			-0.01	-0.01	-0.07	-0.08*	-0.16***	-0.13***	-0.14***
	$\beta_{g3}(GT_3)$			-0.98***	EXC.	-0.95***	EXC.	-0.01	EXC.	EXC.
	$\beta_{gt3}(GT_3 * Td)$			-0.04	-0.04	-0.07**	-0.07**	-0.14***	-0.12***	-0.11***
	$\beta_{g4}(GT_4)$			-1.00***	EXC.	-0.90***	EXC.	-0.04	EXC.	EXC.
	$\beta_{gt4}(GT_4 * Td)$			-0.02	-0.02	-0.06**	-0.06*	-0.12***	-0.10***	-0.08***
	$\beta_{g5}(GT_5)$			-1.10***	EXC.	-1.17***	EXC.	0.05	EXC.	EXC.
	$\beta_{gt5}(GT_5 * Td)$			0.01	0.01	-0.03	-0.02	-0.09***	-0.07***	-0.07***
Efeito nos vizinhos dos GTs	$\beta_{wg1}(WGT_1)$					-0.24**	EXC.	0.00	EXC.	EXC.
	$\beta_{wgt1}[W(GT_1 * Td)]$					0.03	0.03*	0.03*	0.03*	0.03*
	$\beta_{wg2}(WGT_2)$					0.10	EXC.	0.03**	EXC.	EXC.
	$\beta_{wgt2}[W(GT_2 * Td)]$					-0.01	-0.01	-0.00	-0.00	-
	$\beta_{wg3}(WGT_3)$					-0.03	EXC.	0.01	EXC.	EXC.
	$\beta_{wgt3}[W(GT_3 * Td)]$					0.02**	0.02*	0.03***	0.02**	0.02**
	$\beta_{wg4}(WGT_4)$					0.01	EXC.	0.03**	EXC.	EXC.
	$\beta_{wgt4}[W(GT_4 * Td)]$					0.00	0.00	0.00	0.01	-
	$\beta_{wg5}(WGT_5)$					0.05***	EXC.	0.01	EXC.	EXC.
	$\beta_{wgt5}[W(GT_5 * Td)]$					0.01	0.01	0.01*	0.01	0.01**
Controles socioeconômicos e seus transbordamentos	$\beta_{gpc}(GPC)$							0.43***	0.12***	0.12***
	$\beta_{gpk}(GPK)$							0.03***	0.03***	0.03***
	$\beta_{crd}(CRD)$							0.01***	0.00	-
	$\beta_{sau}(SAU)$							-0.02	-0.01	-
	$\beta_{pop}(POP)$							0.10***	-0.17	-
	$\beta_{cc}(CC)$							0.01***	0.00*	0.00**
	$\beta_{edum}(EDUM)$							0.32***	0.20***	0.19***
	$\beta_{edus}(EDUS)$							0.20***	0.07***	0.07***
	$\beta_{cmt}(CMT)$							-0.25***	-0.19***	-0.20***
	$\beta_{wgpc}(WGPC)$							0.00	0.00	-
	$\beta_{wgpk}(WGPK)$							0.01**	0.01*	0.01***
	$\beta_{wcrd}(WCRD)$							-0.00	0.00	-
	$\beta_{wsau}(WSAU)$							0.00	0.00	-
	$\beta_{wpop}(WPOP)$							-0.02**	0.02	-
$\beta_{wcc}(WCC)$							0.00	-0.00	-	
$\beta_{wedum}(WEDUM)$							-0.01	0.00	-	
$\beta_{wedus}(WEDUS)$							0.02**	-0.00	-	
$\beta_{wcmt}(WCMT)$							-0.03**	-0.03	-0.04**	
$\rho(W\gamma)$					0.02***	0.02	0.00	0.02	-	
$\lambda(W\xi)$					0.07***	0.04	0.05***	0.03	0.05***	
AIC		12749.1	-5908.9	12380.9	-5912.5	4768.2	-1864.2	18.2	-1977.8	-2000.0
Teste de Hausman		0.00		0.00		0.34		372.1***		N.C.

**Notas:** a) *p*-valor: \* < 0.10; \*\* < 0.05; \*\*\* < 0.01; b) EXC. = excluído.

**Fonte:** elaboração própria com base no software STATA.

Ainda que a inclusão de mais GTs mantenha este desfecho, visto que nenhum  $\beta_{gt}$  obteve significância (Tabela 3, “c” e “d”), estes modelos não adotam controles espaciais e Niquito *et al* (2021, p.2320) afirmam que “*does not take into account the potential spatial interactions may underestimate the effects of a tragedy such as the one studied here*”. O fato é que a relação comercial entre os locais atingidos (GT) e seus vizinhos ( $WGTg_i$ ) poderia minimizar/anular o efeito negativo do desastre. Para tanto, bastaria que  $WGTg_i$  obtivesse algum benefício econômico deste evento ( $\beta_{wgt} > 0$ ), conforme sugerem Koks e Thissen (2016).<sup>29</sup>

Após separar/controlar estes efeitos espaciais, os  $\beta_{gt}$  tornam-se significativos/negativos no GT3 e GT4 (modelo “e”) e GT2, GT3, GT4 (modelo “f”).<sup>30</sup> Ainda assim, tais especificações ignoram a possível influência de outros *fatores de confusão* (Equação 1). Quando estes fatores são incluídos, todos os  $\beta_{gt}$  ganham significância (casos “g” e “h”). Após aceitar que o modelo EF (h) é superior ao EA (g), segundo o teste de Hausman (1979), e excluindo-se as variáveis irrelevantes, via AIC (modelo “i”), nota-se que o impacto inicial foi negativo/significativo em todos os GTs e decaiu ao afastarmos do Rio Doce (*i.e.*:  $\beta_{gt1} < \dots < \beta_{gt5}$ ). Todavia, os vizinhos dos GT1, GT3 e GT5 parecem ter se beneficiado da situação ( $\beta_{wgt} > 0$ ) (Tabela 3). Logo, os efeitos diretos (ED), oriundos do desastre, tendem a ser negativos (pois  $\beta_{gt} < 0$ , em todos os GTs). Já o efeito indireto (EI) seria positivo em alguns GTs (pois depende de  $\beta_{wgt}$ ) e, assim, poderia amenizar/anular o efeito total (ET).

Na atividade industrial ( $y^{ind}$ ), de serviços ( $y^{serv}$ ) e agropecuária ( $y^{agro}$ ), já assumindo a superioridade dos estimadores EF e excluindo as variáveis irrelevantes (Tabela 4 - b, d, f), nota-se um efeito inicial negativo/significativo em quase todos os 5 GTs ( $\beta_{gt} < 0$ ), exceto no GT5 do setor industrial ( $y^{ind}$ ), que foi negativo/não-significativo. Com a exceção de  $y^{serv}$  (Modelo “d”), cujo efeito inicial mais severo é no GT3, o impacto mais forte ocorreu no GT1 e (com raras exceções) diminuiu, ordenadamente, nos GTs superiores (mais distantes do Rio Doce). Ademais,  $y^{serv}$  foi o único cujos vizinhos dos locais atingidos não obtiverem alguma vantagem econômica (nenhum  $\beta_{wgt}$  positivo/significativo). No  $y^{ind}$ , os vizinhos do GT1 e GT3 foram favorecidos pelo desastre. O mesmo ocorreu na vizinhança do GT3 e GT5, no segmento agropecuário ( $y^{agro}$ ).

<sup>29</sup> Nos modelos “a” a “d” (Tabela 3), este efeito indireto, associado à vizinhança, está embutido em  $\beta_{gt}$ .

<sup>30</sup> A 15% de significância, GT1, GT2, GT3 e GT4 seriam significativos nos modelos “e” e “f” (Tabela 3).

**Tabela 4.** Impactos econômicos do desastre de Mariana na indústria, serviços e agropecuária (Pré-desastre: 2012-2015 e Pós-desastre: 2016-2019)

$\beta$ (Variável)	$y^{ind}$		$y^{serv}$		$y^{agro}$	
	(a) <sup>EF</sup>	(b) <sup>EF</sup>	(c) <sup>EF</sup>	(d) <sup>EF</sup>	(e) <sup>EF</sup>	(f) <sup>EF</sup>
$\beta_t(Td)$	-0.18***	-0.18***	0.05***	0.04***	-0.01	-0.01
$\beta_{gt1}(GT_1 * Td)$	-0.38**	-0.39**	-0.12	-0.07**	-0.33***	-0.29***
$\beta_{gt2}(GT_2 * Td)$	-0.26**	-0.27***	-0.09**	-0.07***	-0.24***	-0.23***
$\beta_{gt3}(GT_3 * Td)$	-0.18**	-0.21***	-0.10***	-0.09***	-0.24***	-0.25***
$\beta_{gt4}(GT_4 * Td)$	-0.07	-0.11***	-0.08***	-0.06***	-0.19***	-0.20***
$\beta_{gt5}(GT_5 * Td)$	-0.05	-0.03	-0.06***	-0.05***	-0.25***	-0.25***
$\beta_{wgt1}[W(GT_1 * Td)]$	0.08**	0.08**	0.01	-	0.02	-
$\beta_{wgt2}[W(GT_2 * Td)]$	0.00	-	0.00	-	0.02	0.02
$\beta_{wgt3}[W(GT_3 * Td)]$	0.04**	0.04**	0.01	0.01	0.05***	0.05***
$\beta_{wgt4}[W(GT_4 * Td)]$	-0.01	-	0.00	-	0.00	-
$\beta_{wgt5}[W(GT_5 * Td)]$	0.00	-	0.00	-	0.02***	0.02***
$\beta_{gpc}(GPC)$	0.13*	0.11	0.08***	0.08***	-0.02	-
$\beta_{gpk}(GPK)$	0.03	0.03	0.02*	0.02*	0.00	-
$\beta_{cra}(CRD)$	0.00	-	0.00	-	-0.01	-0.01
$\beta_{sau}(SAU)$	-0.02	-	-0.01	-	0.01	-
$\beta_{pop}(POP)$	-0.51	-0.50	-0.09	-	0.22	-
$\beta_{cc}(CC)$	0.01***	0.01***	0.00***	0.00***	0.00	-
$\beta_{edum}(EDUM)$	0.39***	0.38***	0.16***	0.16***	0.14***	0.12***
$\beta_{edus}(EDUS)$	0.17***	0.18***	0.12***	0.12***	-0.02	-
$\beta_{cmt}(CMT)$	-0.83***	-0.83***	-0.17***	-0.17***	-0.08	-0.08
$\beta_{wGPC}(WGPC)$	0.04*	0.05*	-0.01	-	-0.01	-
$\beta_{wGPK}(WGPK)$	0.00	-	0.01**	0.01**	0.02**	0.02**
$\beta_{wCRD}(WCRD)$	0.00*	0.00*	-0.00	-0.00	0.00	-
$\beta_{wsau}(WSAU)$	0.00	-	0.00	-	0.00	-
$\beta_{wpop}(WPOP)$	0.17*	0.17*	-0.02	-	0.14	-
$\beta_{wcc}(WCC)$	0.00	0.00	0.00	-	0.00	-
$\beta_{wedum}(WEDUM)$	0.00	-	0.00	-	0.01	-
$\beta_{wedus}(WEDUS)$	0.00	-	0.00	-	-0.03	-0.02
$\beta_{wcmt}(WCMT)$	-0.05	-0.04	-0.04**	-0.05***	0.06	0.06
$\rho(Wy)$	0.05***	0.05***	0.00	-	-0.06***	-0.06***
$\lambda(W\xi)$	-0.04*	-0.04*	0.02	0.02***	0.11***	0.12***
AIC	602.7	587.1	-2313.7	-2336.6	-329.7	-354.3
Teste de Hausman	289.5***	N.C.	545.3***	N.C.	158.4***	N.C.

**Notas:** **a)** *p*-valor: \* <0.10; \*\* <0.05; \*\*\* <0.01; **b)** variáveis fixas no tempo, eliminadas via EF, não foram reportadas (i.e.: *Cte*,  $GT_1, \dots, GT_5$ ,  $WGT_1, \dots, WGT_5$ ).

**Fonte:** elaboração própria com base no *software* STATA.

Os  $\beta_{gt}$ ,  $\beta_{wgt}$  e  $\rho$ , das Tabelas 3 ( $PIB^{tot}$ ) e 4 ( $y^{ind}$ ,  $y^{serv}$  e  $y^{agro}$ ), basearam-se nos 4 anos anteriores (2012-2015) e posteriores ao desastre (2016-19), e serviram aos cálculos dos efeitos diretos (ED), indiretos (EI) e totais (ET), de cada GT (vide Seção 3). Assim, ao refazer estes passos, para os 3 (2013-15 e 2016-18) e 5 (2011-15 e 2016-20) anos pré/pós-evento, obtém-se estimativas destes efeitos ao longo do tempo (Tabela 5).<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Como os  $\beta$  dos ED, EI e ET medem os desvios dos GT em relação à sua (suposta) *trajetória paralela* ao GC, pode-se monetizar estes efeitos, ao multiplicar  $\beta$  pelo PIB acumulado nos *t* anos pós-desastre  $[\beta(PIB_{média}^{pós} * t)]$ . Logo, usando o  $PIB_{média}^{2016-19}$  do GT1 (Tabela 1, R\$/2010), o  $\beta_{16-19}^{ED} = -0.19$  (Tabela 5) e a inflação/INPC de 103.3% entre 2010-22, tem-se que o  $ED(GT_1)$  seria  $[-0.19(24.6 * 4) * 2.033] = -R\$37.95$  bilhões (R\$/2022).

**Tabela 5.** Efeitos diretos (ED), indiretos (EI) e totais (ET) do desastre de Mariana

Efeitos	Coeficientes estimados ( $\beta$ )				Valor acumulado (R\$ bilhões/2022)					Divisão por GT	R\$ milhar/2022	
	$\gamma^{ind}$	$\gamma^{ser}$	$\gamma^{agr}$	$PIB^{tot}$	$\gamma^{ind}$	$\gamma^{ser}$	$\gamma^{agr}$	$\Sigma\gamma$	$PIB^{tot}$	$PIB^{tot}$	$PIB_{pc}^{tot}$	
(A) Período considerado: 2013-15 e 2016-18	$ED(GT_1)$	-0.33**	-0.12*	-0.37***	-0.18***	-14.19	-7.51	-1.25	-22.95	-26.78	17.6%	-17.78
	$ED(GT_2)$	-0.24***	-0.09***	-0.24***	-0.13***	-7.38	-3.20	-1.67	-12.25	-13.16	8.7%	-10.34
	$ED(GT_3)$	-0.17**	-0.08***	-0.26***	-0.09***	-7.72	-3.83	-2.13	-13.68	-12.15	8.0%	-8.98
	$ED(GT_4)$	-0.02	-0.06***	-0.19***	-0.07***	(-3.10)	-25.43	-2.34	-27.77	-58.23	38.3%	-7.71
	$ED(GT_5)$	-0.02	-0.03***	-0.22***	-0.03*	(-6.21)	-17.71	-21.45	-39.16	-41.59	27.4%	-3.12
	<b>TOTAL</b>					-29.29	-57.68	-28.85	<b>-115.83</b>	<b>-151.91</b>		
	$EI(GT_1)$	0.37*	0.09	0.12***	0.20**	15.91	(5.64)	0.41	16.31	29.75	64.7%	19.76
	$EI(GT_2)$	-0.04**	0.00	0.16**	-0.02	-1.23	(0.00)	1.11	-0.12	(-2.02)	0.0%	(-1.59)
	$EI(GT_3)$	0.19	0.04	0.25***	0.12**	(8.63)	(1.92)	2.05	2.05	16.20	35.2%	11.97
	$EI(GT_4)$	-0.13*	0.00	0.06***	-0.01	-20.13	(0.00)	0.74	-19.40	(-8.32)	0.0%	(-1.10)
	$EI(GT_5)$	-0.01	0.00	0.15***	0.02	(-3.11)	(0.00)	14.63	14.63	(27.73)	0.0%	(2.08)
	<b>TOTAL</b>					-5.46	0.00	18.94	<b>13.48</b>	<b>45.96</b>		
	$ET(GT_1)$	0.04	-0.03	-0.25***	0.02	(1.72)	(-1.88)	-0.85	-0.85	(2.98)	0.0%	(1.98)
	$ET(GT_2)$	-0.28***	-0.09***	-0.08	-0.15***	-8.62	-3.20	(-0.56)	-11.81	-15.18	18.6%	-11.93
	$ET(GT_3)$	0.02	-0.04	-0.01	0.03	(0.91)	(-1.92)	(-0.08)	0.00	(4.05)	0.0%	(2.99)
	$ET(GT_4)$	-0.15***	-0.06***	-0.13***	-0.08***	-23.23	-25.43	-1.60	-50.26	-66.55	81.4%	-8.82
	$ET(GT_5)$	-0.03	-0.03***	-0.07**	-0.01	(-9.32)	-17.71	-6.83	-24.54	(-13.86)	0.0%	(-1.04)
	<b>TOTAL</b>					-31.85	-46.34	-9.27	<b>-87.46</b>	<b>-81.73</b>		
(B) Período considerado: 2012-15 e 2016-19	$ED(GT_1)$	-0.37**	-0.07**	-0.30***	-0.19**	-21.33	-5.91	-1.22	-28.46	-37.95	12.7%	-25.21
	$ED(GT_2)$	-0.28***	-0.07***	-0.24***	-0.14***	-11.14	-3.35	-2.14	-16.64	-18.87	6.3%	-14.79
	$ED(GT_3)$	-0.20***	-0.09***	-0.27***	-0.11***	-12.34	-5.85	-2.85	-21.04	-20.01	6.7%	-14.80
	$ED(GT_4)$	-0.11***	-0.06***	-0.20***	-0.08***	-23.31	-34.30	-3.09	-60.70	-89.90	30.2%	-11.89
	$ED(GT_5)$	-0.03	-0.05***	-0.27***	-0.07***	(-12.84)	-40.03	-33.54	-73.58	-131.19	44.0%	-9.81
	<b>TOTAL</b>					-68.13	-89.44	-42.84	<b>-200.41</b>	<b>-297.92</b>		
	$EI(GT_1)$	0.49**	0.00	0.08***	0.19*	28.25	(0.00)	0.32	28.57	37.95	24.2%	25.21
	$EI(GT_2)$	-0.11**	0.00	0.15*	0.00	-4.38	(0.00)	1.34	-3.04	(0.00)	0.0%	(0.00)
	$EI(GT_3)$	0.25*	0.05	0.28***	0.14**	15.43	(3.25)	2.96	18.38	25.46	16.2%	18.84
	$EI(GT_4)$	-0.05**	0.00	0.05***	0.00	-10.60	(0.00)	0.77	-9.83	(0.00)	0.0%	(0.00)
	$EI(GT_5)$	-0.01	0.00	0.18***	0.05**	(-4.28)	(0.00)	22.36	22.36	93.70	59.6%	7.01
	<b>TOTAL</b>					28.70	0.00	27.75	<b>56.46</b>	<b>157.12</b>		
	$ET(GT_1)$	0.12	-0.07**	-0.22***	0.00	(6.92)	-5.91	-0.89	-6.80	0.00	0.0%	(0.00)
	$ET(GT_2)$	-0.39***	-0.07***	-0.09	-0.14***	-15.52	-3.35	(-0.80)	-18.87	-18.87	12.9%	-14.79
	$ET(GT_3)$	0.05	-0.04	0.01	0.03	(3.09)	(-2.60)	(0.11)	0.00	(5.46)	0.0%	(4.04)
	$ET(GT_4)$	-0.16***	-0.06***	-0.15***	-0.08***	-33.91	-34.30	-2.31	-70.52	-89.90	61.5%	-11.89
	$ET(GT_5)$	-0.04	-0.05***	-0.09**	-0.02	(-17.12)	-40.03	-11.18	-51.21	-37.48	25.6%	-2.80
	<b>TOTAL</b>					-49.43	-83.60	-14.39	<b>-147.41</b>	<b>-146.26</b>		
(C) Período considerado: 2011-15 e 2016-20	$ED(GT_1)$	-0.43***	-0.09***	-0.32***	-0.23***	-31.45	-9.43	-1.77	-42.64	-57.55	11.6%	-38.09
	$ED(GT_2)$	-0.32***	-0.08***	-0.27***	-0.16***	-15.69	-4.76	-3.04	-23.49	-26.72	5.4%	-20.96
	$ED(GT_3)$	-0.22***	-0.11***	-0.26***	-0.15***	-17.62	-9.03	-3.52	-30.17	-34.90	7.0%	-25.72
	$ED(GT_4)$	-0.13***	-0.08***	-0.20***	-0.12***	-35.28	-56.67	-3.98	-95.93	-168.24	33.8%	-22.22
	$ED(GT_5)$	-0.05**	-0.07***	-0.25***	-0.09***	-26.83	-69.64	-40.43	-136.91	-210.79	42.3%	-15.72
	<b>TOTAL</b>					-126.87	-149.53	-52.75	<b>-329.14</b>	<b>-498.20</b>		
	$EI(GT_1)$	0.57**	0.00	0.28	0.21**	41.69	(0.00)	(1.55)	40.95	52.55	29.0%	34.78
	$EI(GT_2)$	-0.11**	0.00	-0.00	0.00	-5.39	(0.00)	(0.00)	-5.39	(0.00)	0.0%	(0.00)
	$EI(GT_3)$	0.29**	0.06	0.53***	0.15***	23.23	(4.92)	7.18	30.41	34.90	19.3%	25.72
	$EI(GT_4)$	-0.04**	0.00	0.06	0.04	-10.85	(0.00)	(1.20)	-13.57	(56.08)	0.0%	(7.41)
	$EI(GT_5)$	-0.02*	0.00	0.19***	0.04*	-10.73	(0.00)	30.73	30.73	93.68	51.7%	6.99
	<b>TOTAL</b>					37.93	0.00	37.91	<b>83.13</b>	<b>181.13</b>		
	$ET(GT_1)$	0.14	-0.09***	-0.04	-0.02	(10.24)	-9.43	(-0.22)	-9.43	(-5.00)	0.0%	(-3.31)
	$ET(GT_2)$	-0.43***	-0.08***	-0.27	-0.16***	-21.08	-4.76	(-3.04)	-25.84	-26.72	10.4%	-20.96
	$ET(GT_3)$	0.07	-0.05	0.27	0.00	(5.61)	(-4.10)	(3.66)	0.00	(0.00)	0.0%	(0.00)
	$ET(GT_4)$	-0.17***	-0.08***	-0.14	-0.08***	-46.13	-56.67	(-2.79)	-102.80	-112.16	43.8%	-14.81
	$ET(GT_5)$	-0.07**	-0.07***	-0.06	-0.05***	-37.57	-69.64	(-9.70)	-107.21	-117.11	45.7%	-8.74
	<b>TOTAL</b>					-104.78	-140.50	0.00	<b>-245.28</b>	<b>-255.99</b>		

**Notas:** a)  $p$ -valor: \* < 0.10; \*\* < 0.05; \*\*\* < 0.01; b) Efeitos baseados nas Tabelas 3 (i) e 4 (b, d, f); c) valores (R\$ bilhões/2022) obtidos via  $\left\{ \left[ \beta \left( PIB_{média}^{pós} * t \right) \right] (1 + \pi) \right\}$ , onde  $\pi = inflação_{2010-2022}^{INPC} = 103.3\%$ ; d) subscrito pc = *per capita*; e) valores não significativos (entre parênteses) foram ignorados nos somatórios.

**Fonte:** elaboração própria com base no *software* STATA.

Independente do período, o ED, sobre o  $PIB^{tot}$ , foi negativo/significativo em todos os GTs, sendo mais forte no GT1, cujo prejuízo oscilaria de 18% (3 anos após o desastre) a 23% (após 5 anos) do  $PIB^{tot}$ , GT2 (com perdas de 13% a 16%), GT3 (9% a 15%), GT4 (7% a 12%) e GT5 (3% a 9%), respectivamente. O ED foi severo/restrito na indústria -  $y^{ind}$  (reduzindo de 33% a 43% da produção do GT1, mas afetando pouco os GTs mais distantes do Rio Doce), severo/amplo na agricultura -  $y^{agr}$  (com danos, em todos os GTs, oscilando de 19% a 37%) e brando/amplo no setor de serviços -  $y^{ser}$  (com prejuízos de 3% a 12%) (Tabela 5).<sup>32</sup> Estima-se que as perdas diretas, nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo (*i.e.*: GT1 a GT5), após 3, 4 e 5 anos do desastre, seriam de 22.4%, 26.1% e 24.8% na agropecuária, 5%, 8.5% e 12.5% na indústria, 5%, 5.7% e 7.7% no setor de serviços e 5.8%, 8.5% e 11.3% no PIB total, respectivamente.<sup>33</sup>

Como esperado, o EI (que mede a reação dos vizinhos dos municípios de cada GT) minimizou/anulou parte do ET associado ao desastre. Em valores de 2022, calcula-se que o ED seria de 151.9 bilhões (nos 3 primeiros anos pós-desastre), subindo para algo em torno de 297.9 bilhões (em 4 anos) e atingindo R\$ 498.2 bilhões, após 5 anos do ocorrido. Todavia, o ET seria mais modesto, com cifras entre R\$ 81.7 (3 anos), R\$ 146.3 (4 anos) e R\$ 256.0 bilhões (após 5 anos). Os resultados ainda indicam que os valores atribuídos ao ED (nos 3, 4 e 5 anos pós-desastre, respectivamente), podem ser subdivididos da seguinte forma (Tabela 5): GT1 (17.6%, 12.7% e 11.6%), GT2 (8.7%, 6.3% e 5.4%), GT3 (8%, 6.7% e 7%), GT4 (38.3%, 30.2% e 33.8%) e GT5 (27.4%, 44% e 42.3%). Em termos *per capita* (R\$/milhar de 2022), isto ficaria em torno de R\$ 17.8, R\$ 25.2 e R\$ 38.1 (GT1), R\$ 10.3, R\$ 14.8 e R\$ 21 (GT2), R\$ 9, R\$ 14.8 e R\$ 25.7 (GT3), R\$ 7.7, R\$ 11.9 e R\$ 22.2 (GT4) e R\$ 3.1, R\$ 9.8 e R\$ 15.7 (GT5).

Embora o GT4 e GT5 respondam por um percentual maior do montante associado ao ED, pois possuem mais peso econômico que os demais GTs (Tabela 1), seu prejuízo *per capita* seria, relativamente, baixo. Já os danos no GT2 e GT3 seriam “moderados” e similares entre si. Assim, os elevados valores *per capita* do GT1 reforçariam a hipótese de que o efeito direto foi mais grave nas proximidades do Rio Doce e decaiu com a distância. Ademais, basta dividir o ED total, de cada período, pelos anos considerados (*i.e.*:  $151.9/3 = 50.6$ ,  $297.9/4 = 74.5$  e  $498.2/5 = 99.6$ ), para perceber que o efeito do desastre tem aumentado no tempo, em todos

<sup>32</sup> Mas, dado o peso de  $y^{ser}$  no  $PIB^{tot}$  (Tabela 1), o dano (em R\$ bilhões) seria sempre maior em  $y^{ser}$  (Tabela 5).

<sup>33</sup> Exemplo: Em 2016-19, a perda (%) em  $PIB^{tot}$  seria o ED total de R\$ 297.9 bilhões (R\$/2022, Tabela 5) dividido pela soma dos PIBs dos GT1 a GT5, cujo valor é R\$ 432.8 bilhões (R\$/2010, Tabela 1.B), vezes os  $t = 4$  anos e a *inflação* = 103.3% (INPC) de 2010-22. Logo:  $[297.9/(432.8 * 4 * 2.033)] \cong 8.5\%$ .

os GTs. Apesar disso, o fato do GT1, GT2 e GT3 receberem fatias cada vez menores do ED total (em valores percentuais) sugere que o ED estaria aumentando mais nos GTs mais distantes do epicentro do desastre. Por sua vez, os efeitos indiretos (EI) positivos, associados aos vizinhos dos GT1 e GT3 (e, em menor intensidade no GT5), praticamente anularam o efeito total (ET) nestes locais, sugerindo que a relação comercial dos municípios destes GTs e seus vizinhos (embora não tenha relação direta com o ocorrido) ajudou a minimizar os efeitos do desastre nestas regiões.

Assim como Niquito *et al* (20), esta pesquisa constatou que os vizinhos dos municípios atingidos foram tanto beneficiados pelo desastre, sendo este o efeito indireto positivo, que tende a minimizar/anular o efeito total do desastre, como prejudicados (efeito indireto negativo). Tal qual Firmiano (2018), os resultados deste trabalho averiguaram que os municípios banhados pelo Rio Doce e seus vizinhos de primeira ordem, registraram impactos negativos sobre o PIB.

É necessário destacar que, devido aos reflexos negativos da pandemia de COVID-19, na economia brasileira, no ano de 2020 (Neves *et al*, 2021; Nogueira e Moreira, 2023), é possível que os resultados para os 5 anos pós-desastre (*i.e.*: 2016-2020) estejam supervalorizados e, potencialmente maiores nos locais que ainda se recuperavam do rompimento da barragem de Mariana, pois misturam efeitos de desastre e pandemia. Ademais, o setor industrial, dos locais supostamente atingidos, já vinha apresentando uma acentuada tendência de queda antes do desastre (Quadro 1), o que poderia inflar os prejuízos associados a este setor. Ainda que atenuem parte dos efeitos estimados, estes (potenciais) vieses não teriam a força necessária para anular/reverter os danos provocados pelo desastre de Mariana.

## CONCLUSÃO

Para avaliar os impactos econômicos do desastre de Mariana (ocorrido em 5/11/2015), em diferentes níveis de vizinhança, nos 3, 4 e 5 anos pós-ocorrido, esta pesquisa usou um painel-espacial na forma de diferença-em-diferenças (DD), com variáveis adicionais de controle. Para tanto, usou-se os municípios atingidos pela lama do Rio Doce (epicentro), seus vizinhos de 1ª a 4ª ordem (próximos ao desastre) e as demais cidades de Minas Gerais - MG e Espírito Santo - ES (distantes do epicentro, mas pertencentes aos Estados atingidos) como *grupos de tratamento* (supostamente prejudicados). Já o *grupo controle* (não afetado) contou com os municípios dos Estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

Inicialmente, os modelos sem controles espaciais e socioeconômicos, indicaram que o efeito do desastre seria desprezível, até mesmo nas proximidades do Rio Doce. Todavia, estes modelos não distinguem o efeito direto (gerado pelo desastre) do indireto (que depende da relação entre os locais afetados e seus vizinhos). Assim como Niquito *et al* (2021), descobriu-se que um efeito tende a minimizar/anular o outro. Logo, os vizinhos dos locais atingidos, talvez por fornecerem mais serviços/produtos às cidades devastadas, poderiam lucrar com o ocorrido, minimizando o efeito negativo na região.

Após incluir os devidos controles, verificou-se que o efeito direto do desastre, sobre o PIB total dos locais atingidos, foi sempre negativo/significativo. Embora este efeito perca força, de forma ordenada, ao nos afastarmos do epicentro, ele parece se tornar mais nocivo ao longo dos anos, levantando dúvidas sobre a efetividade das medidas reparatórias implementadas até então. Estima-se que as perdas médias, em MG e ES, tenham chegado a 5.8%, 8.5% e 11.3% do PIB, nos 3, 4 e 5 anos após o ocorrido, respectivamente. Todavia, estes danos são mais altos no epicentro (com perdas de 18% a 23% do PIB local) e diminuem, paulatinamente, entre os vizinhos de 1ª ordem (13% a 16%), 2ª ordem (9% a 15%), 3ª e 4ª ordem (7% a 12%) e demais cidade de MG e ES (3% a 9%), no mesmo período.

A atividade industrial foi bastante afetada, com perdas que chegam a 43% da produção, no epicentro, mas seus efeitos mais graves concentraram-se nas proximidades do Rio Doce. Na agropecuária (severamente prejudicada) e serviços (cujos efeitos foram mais brandos), as perdas atingiram todos os municípios de MG e ES. Os resultados indicam que os prejuízos em MG e ES, após 3, 4 e 5 anos do desastre, seriam de 22.4%, 26.1% e 24.8% na agropecuária, 5%, 8.5% e 12.5% na indústria e 5%, 5.7% e 7.7% no setor de serviços, respectivamente.

Em valores de 2022, a soma dos danos diretos (em todas as áreas atingidas), acumulados nos 3, 4 e 5 anos pós-desastre, seria de R\$ 151.9, R\$ 297.9 e R\$ 498.2 bilhões e, segundo os resultados, poderiam ser repartidos conforme o prejuízo local. A título de exemplo, o prejuízo de R\$ 151.9 bilhões equivale a uma perda *per capita* de, aproximadamente, R\$17.8 mil no epicentro, R\$ 10.3 mil entre os vizinhos de 1ª ordem, R\$ 9 mil nos de 2ª ordem, R\$ 7.7 mil na 3ª e 4ª ordem e R\$ 3.1 mil no restante de MG e ES. As estimativas também revelam que, por meio das relações comerciais entre os locais atingidos e seus vizinhos (efeito indireto), a economia conseguiu atenuar parte dos danos oriundos do desastre. Após descontar este efeito, os prejuízos acumulados seriam de R\$ 81.7, R\$ 146.3 e R\$ 256 bilhões, no mesmo período.

Destaca-se que, devido aos reflexos negativos da pandemia de COVID-19, na economia brasileira, no ano de 2020 (Neves *et al*, 2021; Nogueira e Moreira, 2023), cujos efeitos seriam potencialmente maiores nos locais que ainda se recuperavam do rompimento da barragem de Mariana, é possível que os resultados para os 5 anos pós-desastre (*i.e.*: 2016-2020) estejam supervalorizados (pois misturam efeitos de desastre e pandemia). Ademais, o setor industrial, dos locais supostamente atingidos, já vinha apresentando uma acentuada tendência de queda antes do desastre (Quadro 1), o que poderia inflar os prejuízos associados a este setor. Ainda que atenuem parte dos efeitos estimados, estes (potenciais) vieses não teriam a força necessária para anular/reverter os danos provocados pelo desastre de Mariana.

Com base nos valores estimados nesta pesquisa, nota-se que a indenização, estabelecida em 2016, de pouco mais de R\$20 bilhões, seria irrisória frente aos danos causados por este desastre. Na realidade, até mesmo os R\$ 155 bilhões, mencionados por Brígido (2022), estariam aquém do necessário. Embora esteja à altura dos danos diretos, causados nos 3 primeiros anos após o desastre, estimado em R\$ 151.9 bilhões, este valor seria insuficiente para suprir os prejuízos acumulados nos anos subsequentes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, I.M.D.; JACKSON FILHO, J.M.; VILELA, R.A.D.G. Razões para investigar a dimensão organizacional nas origens da catástrofe industrial da Vale em Brumadinho, Minas Gerais, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 35, e00027319, 2019.
- BHARGAVA, A.; JAMISON, D. T.; LAU, L. J.; MURRAY, C. J. Modeling the Effects of Health on Economic Growth. *Journal of Health Economics*, 20(3), p. 423-440, 2001.
- BOWKER, L.N.; CHAMBERS, D.M. The risk, public liability, & economics of tailings storage facility failures. *Earthwork Act*, 24, 1-56, 2015.
- BREUSCH, T.S; PAGAN A.R. The LM Test and Its Applications to Model Specification in Econometrics, *Review of Economic Studies* 47, 239–254, 1980.
- BRÍGIDO, C. CNJ costura maior acordo ambiental do mundo para compensar estragos de Mariana. CNN/Brasil, 2022. Disp. em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/cnj-costura-maior-acordo-ambiental-do-mundo-para-compensar-estragos-de-mariana/>. Acesso em: 11 de maio de 2023.
- BRIMMER, A.F.; SINAI, A. The monetary-fiscal policy mix: Implications for the short run. *The American Economic Review*, 76(2), p.203-208, 1986.
- CARVALO, G.B.D. Incidências de impactos decorrentes de acidentes com barragens de rejeito. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da UFOP, 2018.
- CASTRO, L. S. e ALMEIDA, E. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da barragem de Mariana. *Geosul, Florianópolis*, v.34, n.70, p.406-429, 2019.
- COSTA, R.F.; LIMA, F.S.; SILVA, D.O. Política fiscal local e taxa de crescimento econômico: um estudo em dados em painel. *Planejamento e Políticas Públicas*, v.42, p.11-38, 2014.
- DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/>. Acesso em Jul/2023.
- DAUMAL, M.; ÖZYURT, S. The impact of international trade flows on economic growth in Brazilian states. *Review of Economics and Institutions*, v.2, n.1, p.1-25, 2011.
- DAVIES, M.; MARTIN, T. Mining market cycles and tailings dam incidents. In *Proceedings of the 13th International Conference on Tailings and Mine Waste, Banff, Alberta*, p.3-15), 2009.
- DELGADO M.; FLORAX R. Difference-in-differences techniques for spatial data: local autocorrelation and spatial interaction. *Econ Lett*, 137:123–126, 2015.
- DIVINO, J.A.; SILVA JUNIOR, R.L.S. Composição dos gastos públicos e crescimento econômico dos municípios brasileiros. *Revista Economia*, v.13, n.3, p.507-528, 2012.
- ELHORST, J. *Spatial econometrics: from cross-sectional data to spatial panels*. Heidelberg: Springer, 2014, 480p.
- FERNANDES, G.W. *et al.* Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. *Natureza & Conservação*, 14(2), 35-45, 2016.
- FIRME, V.A.C. Crescimento econômico, desigualdade de renda e a influência dos fenômenos espaciais. *GEOSUL (UFSC)*, v.37, n.80, p.80-105, 2022.
- FIRME, V.A.C.; SIMÃO FILHO, J. Análise do crescimento econômico dos municípios de minas gerais via modelo MRW (1992) com capital humano, condições de saúde e fatores espaciais, 1991-2000. *Economia Aplicada*, v.18, n.4, p.679-716, 2014.
- FIRMIANO, M. R. Ensaio sobre o desastre ambiental de Mariana e seus efeitos econômicos e sociais. Dissertação (Mestrado) - CAEN/UFC, 2018.
- FOCHEZATTO, A.; VALENTINI, P.J. Economias de aglomeração e crescimento econômico regional: um estudo aplicado ao Rio Grande do Sul usando um modelo econométrico com dados em painel. *Economia (ANPEC)*, v.11, n.4, p.243–266, 2010.

- FRAGA JUNIOR, J.; MONTE, E.Z. Uma abordagem de econometria espacial para a relação entre o crédito e o crescimento econômico dos municípios do Espírito Santo, Brasil, no período de 2006 a 2018. *Revista de Economia Mackenzie*, 20(1), p.232-258, 2023.
- FREITAS, C.M.D.; BARCELLOS, C.; ASMUS, C.I.R.F.; SILVA, M.A.D.; XAVIER, D.R. From Samarco in Mariana to Vale in Brumadinho: mining dam disasters and Public Health. *Cadernos de saude publica*, 35, 2019.
- GALEANO, E.V.; FEIJÓ, C. Crédito e crescimento econômico: evidências a partir de um painel de dados regionais para a economia brasileira nos anos 2000. *Revista econômica do Nordeste*, 43(2), p.201-220, 2012.
- GALI, J. How Well Does the IS-LM Model Fit Postwar U.S. Data. *Quarterly Journal of Economics* 107, 709-738, 1992.
- GODOY, S. M.; DIAS, M. B. O desastre ambiental de Mariana e o papel da Fundação Renova na reparação dos danos. *Direito e Desenvolvimento*, 12(1), 37-48, 2021.
- HAUSMAN, J.A. Specification Tests in Econometrics. *Econometrica* 46, p.1251–1271, 1978.
- IPEADATA – Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <http://ipeadata.gov.br/>. Acesso em: Jun/ 2023.
- KAPOOR, M.; KELEJIAN, H.H.; PRUCHA, I.R. Panel data models with spatially correlated error components. *Journal of Econometrics*, 140, p.97–130, 2007.
- KAHN, M.E. The Death Toll from Natural Disasters: The Role of Income, Geography and Institutions, *The Review of Economics and Statistics*, 87, 271–284, 2005.
- KOKS, E.E.; THISSEN, M. A multiregional impact assessment model for disaster analysis. *Economic Systems Research*, 28(4), 429-449, 2016.
- KROTH, D.; DIAS, J. A contribuição do crédito bancário e do capital humano no crescimento econômico dos municípios brasileiros: uma avaliação em painéis de dados dinâmicos. *Anais do 34º Encontro Nacional de Economia*, p.1-17, 2006.
- LEE, L.; YU, J. A spatial dynamic panel data model with both time and individual fixed effects. *Econometric Theory*, 26(2), p.564–597, 2010.
- LESAGE, J.P.; PACE, R.K. *Introduction to spatial econometrics*. 1ª ed. Taylor-Francis, 2009.
- LESAGE, J.P.; PACE, R.K. The Biggest Myth in Spatial Econometrics. *Econometrics*, n.2, p.217-249, 2014.
- MADIEDO, J.; CHANDRASEKARAN, A.; SALVADOR, F. Capturing the benefits of worker specialization: Effects of managerial and organizational task experience. *Production and Operations Management*, 29(4), p.973-994, 2020.
- MANKIW, G. *Macroeconomia*. 8º. ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2015.
- MANKIW, N.G.; ROMER, D.; WEIL, D.N. A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, v.107, n.2, p.407-437, 1992.
- MECHLER, R. Macroeconomic impacts of natural disasters. In: Demeter, K.; Erkan, N.E.; Güner, A. (eds.). *The Role of Local Governments in Reducing the Risk of Disasters*. World Bank Institute, Washington, DC. p.35–47, 2004.
- MENDES, K.; HIDALGO, A.; LUCHINE, A. International trade, wages, and skill premiums in brazilian municipalities from 2000 to 2010. *Revista de Economia Contemporânea*, v.26, p.1-30, 2022.
- MERZ, M.; HIETE, M.; COMES, T.; SCHULTMANN, F. A composite indicator model to assess natural disaster risks in industry on a spatial level. *Journal of Risk Research*, v.16, n.9, p.1077-1099, 2013.
- MILANEZ, B.; LOSEKANN, C. Desastre no Vale do Rio Doce: antecedentes, impactos e ações sobre a destruição. Ed. Folio Digital, Rio de Janeiro, 2016, 437p.
- MILLER, R.E.; BLAIR, P.D. *Input-output analysis: foundations and extensions*. 2nd Ed. New York: Cambridge university press, 2009.

- MILLER, S.M.; UPADHYAY, M.P. The effects of openness, trade orientation, and human capital on total factor productivity. *Journal of development economics*, 63(2), 399-423, 2000.
- MORA, R.; REGGIO, I. Treatment effect identification using alternative parallel assumptions. Working Paper 12-33, *Universidad Carlos III de Madrid, Economic Series* (48), p.1-34, 2012.
- NEVES, J.; MACHADO, M.; OLIVEIRA, L.; MORENO, Y.; MEDEIROS, M.; VASCONCELOS, F. Unemployment, poverty, and hunger in Brazil in Covid-19 pandemic times. *Revista de Nutrição*, 34, e200170, p.1-7, 2021.
- NIQUITO, T.W.; POZZOBON, F.; HALMENSCHLAGER, V.; RIBEIRO, F.G. Human-made disasters and economic impact for a developing economy: evidence from Brazil. *Natural hazards*, 109(3), 2313-2341, 2021.
- NOGUEIRA, M.O.; MOREIRA, R.F.C. A Covid deixa sequelas: a destruição do estoque de capital das micro e pequenas empresas como consequência da pandemia de Covid-19. TD IPEA, n.2893, 2023.
- NORONHA, K.; FIGUEIREDO, L.; ANDRADE, M. V. Health and Economic Growth among the States of Brazil from 1991 to 2000. *Revista Brasileira de Estudos de População* 27(2), p. 269-283. 2010.
- NOY, I.; DUPONT IV, W. The long-term consequences of natural disasters: A summary of the literature. Working Paper Series, Victoria University of Wellington, School of Economics and Finance, No. 4981, 2016.
- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. Corruption in the Extractive Value Chain: Typology of risks, mitigation measures and incentives. OECD Publishing, Paris, 2016, 112p.
- OLIVER-SMITH, A. Anthropological research on hazards and disasters. *Annual review of anthropology*, 25(1), 303-328, 1996.
- ÖZYURT, S.; DAUMAL, M. Trade openness and regional income spillovers in Brazil: A spatial econometric approach. *Papers in Regional Science* 92, n.1, p.197-215, 2013.
- PASSOS, F. L.; COELHO, P.; DIAS, A. (Des) territórios da mineração: planejamento territorial a partir do rompimento em Mariana, MG. *Cadernos Metrópole*, 19, 269-297, 2017.
- PEIXOTO, S. V.; ASMUS, C. I. R. F. O desastre de Brumadinho e os possíveis impactos na saúde. *Ciência e Cultura*, v.72, n.2, p.43-46, 2020.
- PINO, F. A questão da não normalidade: uma revisão. *Rev. de Economia Agrícola*, v.61, n.2, p.17-33, 2014.
- PORTO, M.F.S. A tragédia da mineração e do desenvolvimento no Brasil: desafios para a saúde coletiva. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.32, n.2, e00211015, 2016.
- RAIS – Relação Anual de Informações Sociais. Escolaridade da mão-de-obra municipal. Disponível em: <https://bi.mte.gov.br/bgcaged/rais.php>. Acesso em Jul/2023.
- RASCHKY, P.A. Institutions and the losses from natural disasters. *Natural hazards and earth system sciences*, 8(4), 627-634, 2008.
- ROTH, J.; SANT'ANNA, P.H.; BILINSKI, A.; POE, J. What's trending in difference-in-differences? A synthesis of the recent econometrics literature. *Journal of Econometrics* 235, p.2218-2244, 2023.
- SAITO, S. M. Desastres Naturais: conceitos básicos. I Escuela de primavera sobre soluciones espaciales para el Manejo de desastres naturales y respuestas de emergencias e inundaciones. INPE, 2008.
- SALINAS, N. Caso Samarco: implicações jurídicas, econômicas e sociais do maior desastre ambiental do Brasil. In: Porto, A., Falcão, J., Alcântara, P. (Org.), Depois da lama: Mariana e as consequências de um desastre construído. Belo Horizonte, Letramento, pp. 197-234, 2016.
- SHABNAM, N. Natural Disasters and Economic Growth: A Review. *International Journal of Disaster Risk Science*, v.5, n.2, p.157-163, 2014.

- SIMONATO, T. C. Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG. Dissertação (Mestrado) – CEDEPLAR/UFMG, 2017.
- SOLOW, R.M. A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, n. 1, p. 65-94, Feb. 1956.
- SWAN, T.W. Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, v. 32, p. 334-361, Nov. 1956.
- TEIXEIRA, R. Rompimento da barragem de Mariana completa 4 anos. Senado Federal, 2019. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2019/11/08/>. Acesso em: 11 de maio de 2023.
- VILLA, J.M. diff: Simplifying the estimation of difference-in-differences treatment effects. *The Stata Journal*, 16(1), 52-71, 2016.
- WOOLDRIDGE, J.M. Introdução à econometria: uma abordagem moderna. 4ª ed. Norte-Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2010a, 701p.
- WOOLDRIDGE, J.M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. 2nd Ed. The MIT Press, 2010b, 1096p.
- WU, J.; LI, N.; HALLEGATTE, S.; SHI, P.; HU, A.; LIU, X. Regional indirect economic impact evaluation of the 2008 Wenchuan Earthquake. *Environmental Earth Sciences*, 65, 161-172, 2012.
- ZHANG, M. (Ed.). *Competitiveness and growth in Brazilian cities: local policies and actions for innovation*. *World Bank Publications*, Washington – DC, 2009, 201p.
- ZHOU, H.; TABER, C.; ARCONA, S.; LI, Y. Difference-in-differences method in comparative effectiveness research: utility with unbalanced groups. *Applied health economics and health policy*, 14, p.419-429, 2016.
- ZHOURI, A.; VALENCIO, N.; OLIVEIRA, R.; ZUCARELLI, M.; LASCHEFSKI, K.; SANTOS, A.F. O desastre da Samarco e a política das afetações: classificações e ações que produzem o sofrimento social. *Ciência e cultura*, 68(3), 36-40, 2016.