

Da lama ao caos, do caos à grana: Um estudo sobre os efeitos econômicos do rompimento da Barragem de Fundão

THIAGO DE ANDRADE NEVES

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (FEA/USP)

GABRIEL ROCHA VENTURIM

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (FEA/USP)

Da lama ao caos, do caos à grana: Um estudo sobre os efeitos econômicos do rompimento da Barragem de Fundão

Abstract

A tragédia sem precedentes ocorrida pelo rompimento da Barragem de Fundão em 2015 causou enormes consequências ambientais, sociais, políticas e jurídicas. Este trabalho realiza uma análise econométrica do impacto do evento sobre os municípios mineiros atingidos pela lama utilizando o método Diff-in-Diff entre os anos de 2010 e 2016. Os resultados apontam que não existem efeitos significativos na renda *per capita*, indicam a relevância do estudo, as limitações e sugerem aplicações futuras.

1. Introdução

Em 5 de novembro de 2015, no subdistrito de Bento Rodrigues, localizado no município brasileiro de Mariana, Minas Gerais, nasceu o que é hoje considerado o maior desastre ambiental do Brasil e um dos maiores do mundo (FERNANDES *et al.*, 2016). O rompimento da barragem de Fundão, pertencente à empresa exploradora de minério de ferro Samarco (*joint venture* formada pelas empresas Vale e BHP Billiton), despejou entre 50 e 60 milhões de m³ de resíduos tóxicos (FONSECA; FONSECA, 2016) nos 663 km de leito do Rio Doce.

Além da perda de 19 vidas, entre moradores da região e trabalhadores da Samarco, o rejeito derramado no rio Doce varreu tudo o que encontrou pela frente durante os 17 dias que levou para desaguar no oceano Atlântico. No percurso a lama levou pontes, estradas, casas, duas comunidades inteiras e tudo mais que encontrava pela frente, eliminando recursos naturais e processos ecológicos insubstituíveis (FERNANDES *et al.*, 2016). Os impactos ecológicos e socioeconômicos diretos e indiretos afetaram centenas de milhares de pessoas em 41 cidades de toda a bacia do rio Doce.

Apesar de ter ocorrido em 2015, ainda hoje as consequências deste desastre não são inteiramente conhecidas. Os danos à flora, fauna, microbiologia, geologia, manguezais e todo tipo de vida são ainda hoje estudadas. Neste contexto, este trabalho se debruçou apenas sobre as consequências econômicas na região atingida pelo evento.

Não há controvérsia na literatura que há efeitos no crescimento econômico de grandes desastres ambientais. Todavia, existe uma grande discussão se estas consequências são positivas ou negativas.

Se por um lado alguns estudos apontam que há robusta correlação positiva entre a frequência de desastres naturais e o crescimento econômico de longo prazo¹ (CUARESMA; HLOUSKOVA; OBERSTEINER, 2008; ALBALA-BERTRAND, 1993; LEITER *et al.*, 2009), de outro temos pesquisas que demonstram que tais efeitos são negativos (HOCHRAINER, 2009; NOY, 2009; RODRIGUEZ-ORREGGIA; FUENTE; TORRE, 2008; STROBL, 2009; SKIDMORE; TOYA, 2002). Há, ainda, trabalhos que indicam que tais eventos não acarretam

¹ Principalmente das evidências de que os desastres ambientais proporcionam oportunidades para atualizar o estoque de capital, adoção de novas tecnologias e substituição das instalações destruídas nos desastres por outras mais modernas por meio de injeção de investimentos.

efeitos significativos no crescimento econômico (CAVALLO *et al.*, 2013²; RADDATZ, 2007; RADDATZ, 2009; MECHLER, 2009).

2. Método

Utilizando a base de dados do IMRS (Índice Mineiro de Responsabilidade Social), as análises foram realizadas por meio da técnica estatística DID (*Difference-in-Differences*). Para tanto, foram observadas variáveis econômicas (rendimento *per capita* no setor formal) entre os anos de 2010 e 2016. Dos 41 municípios afetados pelo evento, foram analisadas como grupo de tratamento as 35 cidades mineiras que sofreram diretamente com a tragédia e, como controle, outras 35 cidades mineiras com populações semelhantes ao primeiro conjunto.

Todavia, esta análise foi antecedida de um tratamento dos dados. Primeiramente foi utilizado um gráfico temporal para cada um dos grupos de análise, acompanhado de gráficos de densidade, para avaliar a distribuição da variável de rendimento e gráfico de pontos seguido de curva suave, aferindo a relação do rendimento com as variáveis de controle. A modelagem estatística foi feita a partir de Modelos Aditivos Generalizados por meio do software estatístico R.

Este modelo aditivo generalizado, permitiu ajustar uma curva suave para as variáveis numéricas, flexível ao ponto de captar diferentes formas de curva para a variável resposta em relação aos valores das covariáveis e variáveis de controle. A distribuição utilizada para modelar a rentabilidade dos municípios foi a Inversa Gaussiana com link log, considerando o comportamento assimétrico da variável de resposta. O feito de interação entre ano e grupo, bem como efeitos aditivos suavizados de população, urbanismo, taxa de mortalidade e periodização escolar foram testados por meio do teste de Wald e mantidos aqueles com valor-p menor que 0,05.

Os resultados do modelo são mostrados por meio da razão de médias, intervalos de 95% de confiança e teste de Wald. Para as variáveis numéricas cujo efeito de suavização foi presente, a interpretação foi feita de forma gráfica e, para validação do modelo, gráficos de resíduos foram utilizados no desenvolvimento da presente pesquisa, assim como medidas de qualidade do ajuste do próprio modelo, como por exemplo a *concurvity*.

3. Resultados

No que tange à análise descritiva dos dados utilizados, observa-se que entre os anos de 2010 e 2011 as médias de renda *per capita* entre as cidades atingidas pela tragédia e aquelas de tratamento eram próximas. A partir de 2012, a diferença média de rendimento entre os grupos começou a se distanciar, comportamento este que permaneceu até o ano de 2016, o período analisado após o rompimento da barragem (Fig. 1). Observa-se, assim, que há uma maior diferença de renda *per capita* entre o grupo em anos anteriores a tragédia que aqueles observados no ano de 2016, após o evento.

² Especificamente neste estudo, os autores apontam que apenas aqueles países onde ocorreram abrupta revolução política após os desastres, afetando a organização da sociedade, houve significante afetação ao crescimento econômico (CAVALLO *et al.*, 2013).

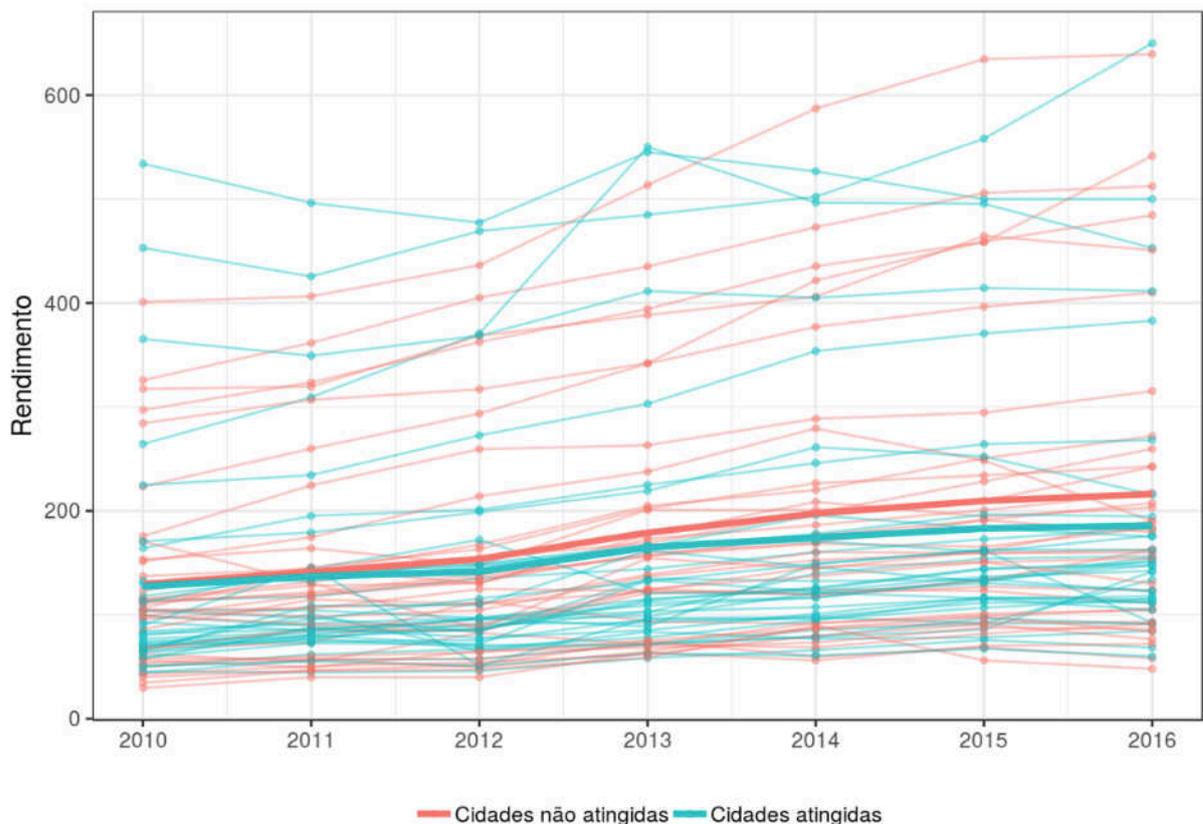


Fig. 1. Gráfico de linhas para renda *per capita* entre os anos de 2010 e 2016.

Uma vez ajustados os dados no modelo, conforme descrito na seção anterior, utilizou-se o método Diff-in-Diff para aferir como a renda *per capita* dos municípios atingidos se comportou após o evento (Tabela 1), por meio da seguinte equação:

$$\log(\widehat{Y}_i) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 * Ano_i + \hat{\beta}_2 * Grupo_i + \hat{\beta}_3 * Ano_i * Grupo_i + \hat{f}_1 Urbanização_i + \hat{f}_2 População_i$$

Após verificar as variáveis relacionadas à renda *per capita*, os fatores aditivos de ano e grupo permaneceram no modelo, ou seja, o Diff-in-Diff não foi significativo. Da mesma forma, os efeitos aditivos suavizados de população e urbanismo permaneceram no modelo, sendo possível algumas interpretações.

Tabela 1. Diff-in-Diff. Efeito da tragédia sobre a renda *per capita* dos municípios.

	Estimativa	Erro Padrão	Razão De Médias	IC(95%)	Estatística-Z	Valor-p
(Intercept)	-147.93982	17.79179	0.00000	0 ; 0	-8.3151	0.00000
ano	0.07599	0.00884	1.07896	1.0604 ; 1.0978	8.5974	0.00000
grupoCidades atingidas	-0.13343	0.03884	0.87509	0.8109 ; 0.9443	-3.4352	0.00064

A primeira é que para cada unidade de acréscimo para a variável ano, estima-se que o aumento em rendimento médio foi de 1,07896 vezes. Vale dizer que o rendimento dos municípios a cada ano aumentou em 7,9%, independente que este tenha sido, ou não, atingido pelo evento, tanto antes quanto após o choque.

Estimou-se, ainda, que o rendimento das cidades do grupo atingido foi 0,88 vezes o rendimento das cidades que não foram atingidas. Conclui-se, assim, que, independentemente do período, o rendimento do grupo atingido foi menor se comparado ao grupo de tratamento.

Desta forma, no que tange à renda *per capita*, nota-se que os municípios se comportaram de forma regular, tanto antes quanto após a tragédia da Samarco. Embora sejam inquestionáveis os efeitos nefastos do evento, quanto à renda *per capita* não foi significativo.

4. Discussões

Este trabalho traz um modelo que analisa os efeitos sobre a renda *per capita* das populações que vivem nos municípios atingidos pela tragédia de Mariana. Após o tratamento dos dados, utilizou-se o método de diferenças-em-diferenças como forma de analisar o comportamento no tempo, iniciando em 2010 até 2016, um ano após o acidente.

Diferentemente ao que se intui, os dados demonstraram que a tragédia ambiental não influenciou significativamente nos municípios diretamente atingidos pela lama. Observou-se que nos anos anteriores ao incidente, a renda *per capita* dos municípios do grupo de tratamento já vinha reduzindo paulatinamente quando comparada ao grupo de controle, permanecendo estável após o evento, como demonstrado na análise descritiva dos dados.

Aplicado o modelo Diff-in-Diff, verificou-se que, com os dados coletados, não houve efeito significativo entre a renda *per capita* nos municípios atingidos, quando comparados àqueles de tratamento. Embora, conforme exposto, parte da literatura caminha neste rumo, alguns cuidados devem ser tomados.

Primeiramente, a série histórica. Embora o IMRS ainda seja disponibilizado pela Fundação João Pinheiro, a partir de 2016 os dados pararam de ser atualizados. A proximidade do evento e a falta de dados longitudinais após a sua ocorrência são problemas que podem ser resolvidos. Todavia, no momento da realização desta pesquisa, os dados ainda eram escassos, merecendo a sua replicação posteriormente.

Há ainda, neste trabalho, uma descontinuidade territorial. Embora tenham sido levantados dados de 35 municípios atingidos, os 6 pertencentes ao estado do Espírito Santo ficaram de fora da análise, uma vez que o banco de dados disponível versava apenas aqueles pertencentes ao estado de Minas Gerais.

Apesar de todos estes pormenores, este trabalho é relevante na medida que traz uma abordagem ainda não realizada da tragédia. Ainda que estudos sobre o tema tenham sido publicados recentemente, a maioria orbita aos aspectos legais, sociais, físicos e biológicos. Não foi localizado qualquer pesquisa atinente às consequências econômicas do desastre.

5. Referências bibliográficas

ALBALA-BERTRAND, Jose Miguel. *Political Economy of Large Natural Disasters*. Claredon Press. Oxford: 1993.

CAVALLO, Eduardo; GALIANI, Sebastian; NOY, Ilan; PANTANO, Juan. *Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth*. The Review of Economics and Statistics. December 2013, 95 (5): 1549-1561.

CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino; JUNIOR, Rogério Tobias; CAMPOS, Iara Christina de; CARMO, Felipe Fonseca do; SILVINO, Guilherme; CASTRO, Kenedy Junio da Silva Xavier de; MAURO, Mateus Leite; RODRIGUES, Nelson Uchoa Alonso; MIRANDA, Marcos Paulo de Souza; PINTO, Carlos Eduardo Ferreira. *Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of*

Brazilian mining in global contexto. Perspectives in Ecology and Conservation, 2016: 15, 145-151.

CUARESMA, Jesús Crespo; HLOUSKOVA, Jaroslava; OBERSTEINER, Michael. *Natural Disasters as Creative Destruction? Evidence from developing countries*. Economy Inquiry, 2008, 46 (2): 214-226.

FERNANDES, Geraldo Wilson; GOULART, FERNADO F.; RANIERI, Bernardo D.; COELHO, Marcel S.; DALES, Kirsten; BOESCHE, Nina; BUSTAMANTE, Mercedes; CARVALHO, Felipe A.; CARVALHO, Daniel C.; DIRZO, Rodolfo; FERNANDES, Stephannie; GALETTI JR., Pedro M.; MILLAN, Virginia E. Garcia; MIELKE, Christian; RAMIREZ, Jorge L.; NEVES, Ana; ROGASS, Christian; RIBEIRO, Sérgio P.; SCARIOT, Aldicir; SOARES-FILHO, Britaldo. *Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil*. Brazilian Journal of Nature Conservation, 2016, 14 (2): 35-45.

FONSECA, Patricia Galindo da; FONSECA, Ivan Galindo da. *Brazil's Greatest Environmental Catastrophe – Samarco's Fundão Tailings Dam*. Environmental Policy and Law, 2016, 46 (5): 334-337.

GOMES, Luiz Eduardo de Oliveira; CORREA, Lucas Barreto; Sá, Fabian; NETO, Renato Rodrigues; BERNARDINO, Angelo Fraga. *The impacts of the Samarco mine tailing spill on the Rio Doce estuary, Eastern Brazil*. Marine Pollution Bulletin, 2017, 120: 28-36.

HOCHRAINER, Stefan. *Assessing the Macroeconomic Impacts of Natural Disasters: Are There Any?* World Bank Group, 2009. Disponível em: <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-4968> acesso em 17 jun. 2018.

LEITER, Andrea; OBERHOFER, Harald; RASCHKY, Paul. *Creative Disasters? Flooding Effects on Capital, Labor and Productivity within European Firms*. Environmental and Resource Economics, 2009, 43: 333-350.

MECHLER, Reinhard. *Disasters and Economic Welfare: Can National Savings Help Explain Post-Disaster Changes in Consumption?* World Bank Group, 2009. Disponível em: <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-4988> acesso em 12 mai. 2018.

NOY, Ilan. *The macroeconomic consequences of disasters*. Journal of Development Economics, 2009, 88 (2): 221-231.

RADDATZ, Claudio. *Are External Shocks Responsible for the Instability of Output in Low-Income Countries?* Journal of Development Economics, 2007, 84 (1): 155-187.

RADDATZ, Claudio. *The Wrath of God. Macroeconomic Costs of Natural Disasters*. World Bank Group, 2009. Disponível em: <https://elibrary.worldbank.org/doi/abs/10.1596/1813-9450-5039> acesso em 22 jun. 2018.

RODRIGUEZ-OREGGIA, Eduardo; FUENTE, Alejandro de la; TORRE, Rodolfo de la. *The Impact of Natural Disasters on Human Development and Poverty at the Municipal Level in Mexico*. RPP LAC – MDGs and Poverty, RBLAC-UNDP, New York, 2008.

SKIDMORE, Mark; TOYA, Hideki. *Do Natural Disasters Promote Long-Run Growth?* Economic Inquiry, 2002, 40 (4): 664-687.

STROBL, Eric. *The Economic Growth Impact of Hurricanes: Evidence from US Coastal Counties*. IZA Discussion Paper n.º 3619, 2008. Disponível em: <http://ftp.iza.org/dp3619.pdf> acesso em 5 jul. 2018.