

**MINERAÇÃO, ESPECIALIZAÇÃO PRODUTIVA E O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO: IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DO DESASTRE EM MARIANA (MINAS GERAIS – BRASIL)**

Jordana Ferreira da Silva

(Doutoranda em Economia - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional - CEDEPLAR/UFMG – jordanasilva@cedeplar.ufmg.br)

Fernanda Faria Silva

(Profª. Adjunta - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada/ UFOP)

Héder Carlos de Oliveira

(Prof. Adjunto - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada/ UFOP)

**Resumo**

Este artigo busca analisar os primeiros impactos socioeconômicos no município de Mariana/MG após o rompimento da Barragem de Fundão. A principal hipótese é que a dependência econômica no setor extrativista mineral torna este município mais vulnerável aos choques adversos que atingem este setor produtivo. Para analisar os primeiros impactos do rompimento da barragem sobre o emprego formal na cidade foi utilizado o método de Controle Sintético. Os resultados sugerem que Mariana apresenta uma inércia maior que sua versão sintética na recuperação do emprego no período pós-rompimento, caracterizando assim sua especialização produtiva em um setor de baixo valor agregado.

Palavras-Chave: Mineração; Especialização Produtiva; Mariana/MG; Controle Sintético.

Área Temática: 6. CRISE DA MINERAÇÃO

# MINERAÇÃO, ESPECIALIZAÇÃO PRODUTIVA E O ROMPIMENTO DA BARRAGEM DE FUNDÃO: IMPACTOS ECONÔMICOS DO DESASTRE EM MARIANA (MINAS GERAIS – BRASIL)

## Introdução

Uma questão relevante que desperta o interesse de estudos regionais refere-se aos impactos socioeconômicos positivos ou negativos que a exploração de produtos minerais pode gerar nas diversas localidades. A mineração tem importância na composição do produto interno de muitas cidades brasileiras, porém, esta atividade sempre lança dúvidas quanto ao seu papel no desenvolvimento dos espaços territoriais nos quais está presente. Para autores como Lewis (1984), Bunker (1988) a extração mineral proporciona possibilidades de desenvolvimento econômico por ser um setor produtivo que gera grandes volumes de recursos financeiros. Em contrapartida, Solow (1956), Radetzky (1992); Davis (1995); Stijns (2006) ponderam que o aumento de receitas provenientes da extração dos recursos minerais produz uma espécie de maldição por limitarem a capacidade expansiva de outros setores produtivos, inibindo a diversificação produtiva destas localidades.

Segundo Enríquez (2006), como as jazidas minerais são espacialmente concentradas, as empresas mineradoras se instalam próximo a elas fazendo com que os municípios que abrigam atividades de extração mineral adquiram particularidades quanto à consolidação de aspectos socioeconômicos no entorno de tal atividade. A autora questiona se a presença massiva da extração mineral nesses municípios assume características de maldição (pelo atraso econômico, empobrecimento social e esgotamento dos recursos naturais) ou uma dádiva (por permitir o desenvolvimento sustentado e sustentável para estes locais). O mesmo estudo discute o papel dos recursos oriundos da exploração mineral, principalmente a Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM), importante na arrecadação de municípios mineradores brasileiros, e cuja gestão depende de condições institucionais favoráveis para que não incorram em dependência fiscal da mineração.

O presente artigo tem como objeto o caso de Mariana (Brasil), município que ganhou notoriedade mundial devido ao rompimento da Barragem de Fundão, de propriedade da empresa Samarco, em novembro de 2015. Mariana é um exemplo histórico das dádivas e maldições proporcionadas pela extração mineral e ainda não conseguiu mudar sua trajetória econômica para outra de reconversão guiada pela maior diversificação produtiva, pela maior capacidade de endogeneizar a renda gerada das atividades econômicas e para o desenvolvimento de novas capacidades de aprendizado técnico.

Nos anos 2000, Mariana ficou conhecida no cenário econômico nacional como um dos maiores municípios produtores de minério de ferro. Consequentemente, as receitas geradas pela tributação recolhida a partir da produção e comercialização do produto proporcionaram um período de pujança econômica a partir de 2009, fazendo com que o município apresentasse uma das maiores rendas *per capita* do país. Mas, curiosamente, Mariana apresenta resultados medianos quando se trata de indicadores sociais, sugerindo que a distribuição de renda no município ainda seja bastante concentrada e pouco revertida em melhorias sociais.

O período de crescimento econômico do município se encerra a partir de 2013, quando a rentabilidade da produção do minério de ferro é abalada pela queda dos preços do produto e redução da demanda chinesa. Como efeito, foi diminuído o volume das

exportações e o recolhimento da CFEM e do Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias (ICMS). Em 2015, além de a crise econômica nacional apresentar indícios de que agravaria a situação econômica de Mariana, o rompimento da Barragem de Fundão acentuou ainda mais a recessão econômica que se instalou no município.

Para análise dos primeiros impactos do choque da barragem do Fundão no município, recorreu-se ao método de Controle Sintético, buscando compreender os impactos econômicos gerados no município a partir de 2016. Para isso, foi feita uma comparação entre Mariana e um grupo de municípios com o mesmo perfil minerador, mas que não foram atingidos pelo rompimento da barragem de Fundão (“Mariana Sintética”), sugerindo que Mariana apresenta uma inércia maior que sua versão sintética na recuperação do mercado de trabalho no período pós-choque, reforçando a hipótese de baixa resiliência econômica do município.

Para o entendimento da situação socioeconômica marianense nos últimos anos, parte-se uma caracterização de alguns indicadores que evidenciarão a condição da especialização produtiva e dependência da indústria extrativa mineral, que, dicotomicamente, tem sustentado a base econômica do município. Por outro lado, a falta de atividades produtivas mais diversificadas e que permitam endogeneizar de forma mais ampla a renda no local acaba provocando um entrave à resiliência e recuperação econômica quando o setor extrativo mineral é atingido. A análise dos dados socioeconômicos da cidade e os resultados dos estudos empíricos realizados neste trabalho mostraram que Mariana apresentou letargia na recuperação do emprego, em comparação aos municípios de perfil semelhante, nos dois anos após o desastre.

## 1 - Caracterização Socioeconômica de Mariana e os Entraves da Especialização Produtiva

Na última década, Mariana tornou-se um dos municípios brasileiros que mais ampliou a sua base de arrecadação receituária, em especial, por meio dos recursos da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM (DNPM, 2016). Segundo Silva *et al.* (2017) o aumento da capacidade financeira deste município, impulsionado pela mineração possibilitaria ao poder público local um aumento de sua margem de ações quanto aos investimentos e gastos públicos para melhorar as condições socioeconômicas da sua população. No entanto, segundo o estudo, a cidade após o desastre da Barragem de Fundão permanece com problemas quanto à distribuição de renda, concentração fundiária e especulação imobiliária; outros relacionados à qualidade da formação educacional da sua população, além de dificuldades de estabelecer planos consistentes de expansão urbana e infraestrutura.

Apesar de ser uma cidade com alta renda *per capita* e com potencial financeiro, os indicadores e análises empreendidos permitem verificar que Mariana ainda padece de diversos tipos de fragilidades estruturais e conjunturais. Uma delas é a sua vulnerabilidade econômica frente aos choques externos como, por exemplo, a queda nos preços de *commodities* iniciada em 2013 e, mais recentemente, o rompimento da barragem de rejeitos de mineração de Fundão, pertencente à mineradora Samarco – que serão tratados neste artigo (SILVA, 2018).

Passando a uma síntese dos principais indicadores sociais, de acordo com o último Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população residente em Mariana era de 54.219 habitantes (em 2010), sendo

87,87% concentrada na área urbana e 50,97% composta por mulheres. Em 2017, a população estimada era 59.857 habitantes.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Mariana é alto se comparado com a média brasileira (0,742, em 2010), sendo alavancado, principalmente, pela dimensão da Longevidade (0,874), seguida de renda (0,705) e educação (0,664). Segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil (2017), a partir dos dados referentes aos últimos Censos Demográficos (1991, 2000, 2010), a renda *per capita* média de Mariana cresceu 97,14% nas últimas duas décadas, passando de R\$ 325,58, em 1991, para R\$ 424,84, em 2000, e para R\$ 641,84, em 2010. Isso equivale a uma taxa média anual de crescimento entre 1991 e 2010 de 3,64%. A taxa média anual de crescimento foi de 3,00%, entre 1991 e 2000, e 4,21%, entre 2000 e 2010. A proporção de pessoas pobres e extremamente pobres reduziu nos anos analisados, assim como o Índice de Gini, colocando o município numa escala mediana no que diz respeito à concentração de riqueza (tabela 1).

A melhora nos indicadores de renda do município de Mariana pode estar associado aos ciclos positivos da atividade mineradora mas, também, às melhorias das condições econômicas brasileira. De acordo com DEDECCA *et al* (2014), a partir dos anos 2000, as políticas de valorização do salário mínimo e de transferência de renda somadas ao aumento do emprego formal contribuíram para aumentar a renda das famílias dos estratos inferiores. Ademais, a recuperação da economia com aumento da arrecadação e a capacidade de gasto do Estado permitiu que os governos (federal, estadual e municipal) retomassem o financiamento aos investimentos produtivos, em infraestrutura e sociais. Segundo os autores, a questão distributiva teve relevância na estratégia de crescimento, tendo propiciado queda da desigualdade de renda corrente e a redução da pobreza monetária.

Tabela 1 - Renda, Pobreza e Desigualdade em Mariana

	1991	2000	2010
Renda <i>per capita</i>	325,58	424,84	641,84
% de extremamente pobres	20,93	11,36	3,57
% de pobres	45,34	31,30	11,72
Índice de Gini	0,60	0,57	0,51

Fonte: Atlas Brasil (2017).

No que tange à escolaridade, a taxa de analfabetismo da população com 25 anos ou mais de idade em Mariana passou de 13,2% em 2000 para 8,3% em 2010, ao passo que em Minas Gerais caiu de 15,31% para 10,36%. Conforme apresentado em Silva *et al* (2017) a partir dos dados do Instituto Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS), a proporção de pessoas de 6 a 14 anos frequentando o ensino fundamental em 2014 foi de 86,50%; de 15 a 17 anos frequentando algum estabelecimento de ensino em qualquer nível de ensino foi de 90,10%.

Este percentual, embora elevado, não reflete problemas como a distorção idade-série, por exemplo, cuja informação mais detalhada indica que a proporção de jovens nessa mesma faixa etária, frequentando o ensino médio foi de 39,70%. A diferença entre esses dois últimos indicadores mostra a proporção de jovens de 15 a 17 anos que estão na escola, porém, em outro nível de ensino que não o médio. Ambos os indicadores (taxa de analfabetismo e distorção idade-série) se complementam, pois possibilitam oferecer informações sobre a magnitude da evasão dos jovens de 15 a 17 anos e o grau de atraso escolar.

Passando à análise dos dados econômicos, a tabela 2 informa a participação dos principais setores (agropecuária, indústria, serviços e administração pública) no produto interno bruto de Mariana. Em 2015, com exceção da administração pública, os setores apresentaram queda no valor adicionado bruto reduzindo o PIB do município. Nos anos anteriores, tanto o PIB quanto o valor adicionado bruto de cada setor acompanhou o processo de alto crescimento e declínio do setor de mineração, com destaque para o período de 2013 a 2015. O mesmo acontece com os Impostos sobre produtos.

Tabela 2 – Produto Interno Bruto, Valores Adicionados Brutos pelos principais setores e Impostos Líquidos de Mariana, no período de 2004 a 2015, a preços correntes (R\$ 1000)

	Produto Interno Bruto	VAB da Agropecuária	VAB da Indústria	VAB dos Serviços	VAB da Administração Pública	VAB Total	Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos
<b>2004</b>	812.910	4.154	389.653	264.753	67.975	726.535	86.375
<b>2005</b>	1.040.456	5.717	573.395	322.430	78.871	980.413	60.043
<b>2006</b>	1.108.652	9.952	622.363	314.190	93.097	1.039.602	69.050
<b>2007</b>	1.086.300	7.711	574.424	325.577	103.972	1.011.684	74.616
<b>2008</b>	1.409.988	8.945	800.875	371.206	128.032	1.309.058	100.930
<b>2009</b>	1.334.734	1.1303	724.686	363.272	133.922	1.233.182	101.552
<b>2010</b>	3.690.161	10.648	2.586.120	803.860	162.218	3.562.846	127.314
<b>2011</b>	5.721.537	10.447	4.194.096	1.210.494	183.248	5.598.286	123.251
<b>2012</b>	5.390.622	12.195	3.767.016	1.243.591	226.302	5.249.105	141.517
<b>2013</b>	6.613.176	19.414	4.654.821	1.508.135	260.785	6.443.155	170.021
<b>2014</b>	5.008.449	22.933	3.427.541	1.214.318	201.979	4.866.771	141.678
<b>2015</b>	3.099.191	18.534	1.854.063	888.057	221.804	2.982.458	116.732

\* VAB – Valor adicionado bruto

Fonte: Fundação João Pinheiro (2017).

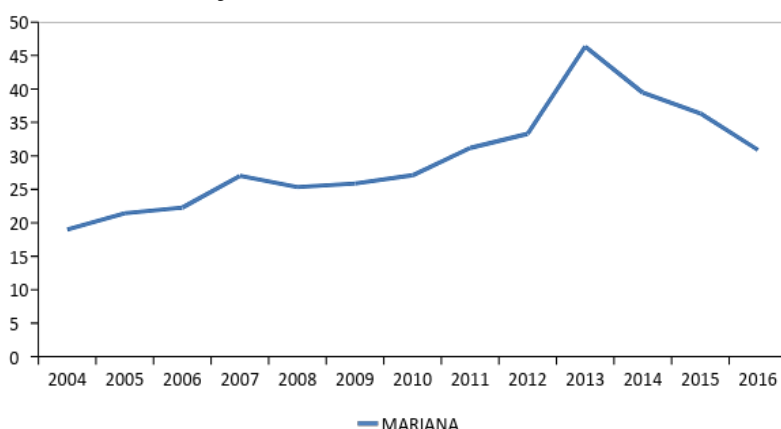
No que tange ao mercado de trabalho, a população em idade ativa está ocupada predominante no setor de comércio e serviços. Para este município, tais setores são caracterizados pelo baixo grau de diversificação e complexidade, refletindo as restrições de um modelo de desenvolvimento muito calcado na demanda da atividade mineradora, que atenda aos estágios iniciais da extração – relativamente menos complexos.

O Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil (2017) mostra que, em 2010, o total de ocupação de trabalho da população de 18 anos ou mais foi de 25.038. Ao mesmo tempo, a desocupação, ou seja, o total da população economicamente ativa que estava desocupada foi de 3.674 no mesmo ano. Analisando dados recentes, é possível captar os primeiros impactos do rompimento da barragem no município. De acordo com as informações obtidas no Serviço de Informações sobre Emprego de Mariana, de janeiro a dezembro de 2016, 5.010 trabalhadores perderam seus postos de trabalho devido à paralisação da Samarco e a taxa de desemprego até abril de 2017 era de 24%.

Esses dados sugerem que a empregabilidade no município estava relacionada ao *boom* econômico da indústria extrativa mineral associado ao período de ampliação da produção da empresa Vale e a implantação dos projetos de pelotização da Samarco. A remuneração média no município aumentou nos anos de crescimento da atividade

mineradora e, posteriormente, reduziu a partir de 2013, ano no qual a remuneração média atingiu maior valor, R\$ 46.344,58 (gráfico 1).

Gráfico 1 - Remuneração média anual em salários mínimos\* (2004-2016)



Nota: Quando acumulada representa massa salarial.\*

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da RAIS (2017)

A análise do gráfico 1 sugere aumento da remuneração média no município o desempenho da indústria extrativa mineral. O setor de administração pública também responde por maiores remunerações médias e gera um efeito de estímulo à renda dos demais setores, uma vez que a demanda sobre serviços e comércios depende, em sua parte, do consumo gerado por aqueles que estão diretamente empregados na mineração e na administração pública. Destaque para os salários pagos na construção civil, setor no qual o emprego formal está, em grande parte, relacionado às demandas das mineradoras presentes no município.

Quanto aos setores de comércio e serviços foi observado que no ano posterior ao rompimento da barragem, existiam 2.023 empresas ativas no município. Delas, 74 foram constituídas no ano em questão. Para o ano de 2017, foram extintas 79 empresas, resultado que remete à forte relação da dependência intersetorial da atividade mineradora por parte do comércio, dos serviços e atividades que, quando não são complementares à atividade minerária, geram poucos efeitos de encadeamento para estimular a geração de conhecimento, bem como a diversificação produtiva e de renda, o que melhoraria a condição de resiliência econômica do município.

Para finalizar o panorama socioeconômico de Mariana, passa-se à análise das principais fontes de receita. A Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) incide sobre o faturamento líquido (no caso da venda do minério bruto e beneficiado), ou no custo intermediário de produção - quando o produto mineral é consumido ou transformado em um processo industrial<sup>1</sup>.

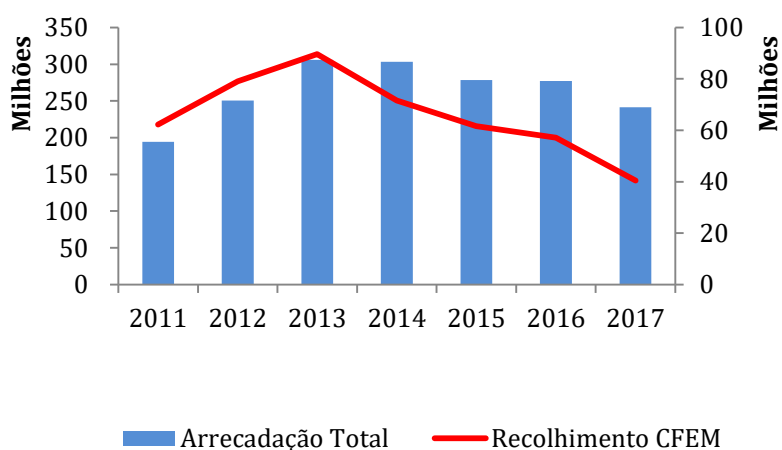
Por lei, os recursos oriundos desta arrecadação devem ser aplicados em projetos que revertam em benefícios da comunidade local, seja em melhoria da infraestrutura, da qualidade ambiental, da saúde ou educação. Mariana, na última década se destacou dentre os municípios brasileiros com maior arrecadação da CFEM, crescimento este

---

<sup>1</sup> Para mais informações ver INSTITUTO MINERE (2017).

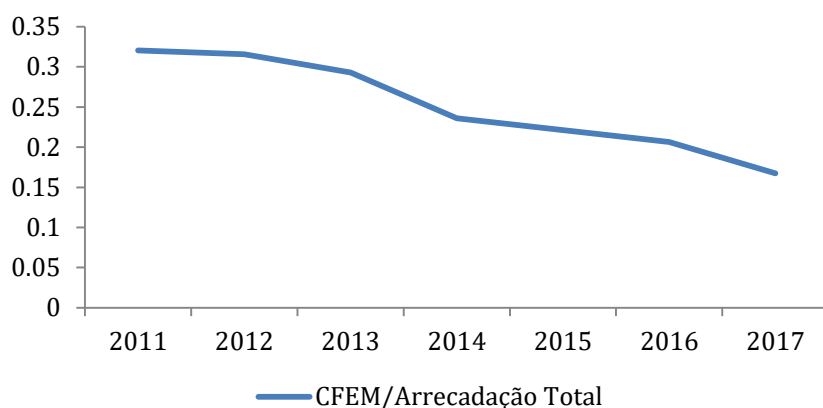
impulsionado pelo *boom* chinês e desvalorização cambial, o que fez do minério de ferro um produto competitivo no mercado mundial. Porém, dada sua dependência econômica em relação a setor de mineração, percebe-se que a queda no recolhimento da compensação, como consequência, primeiramente, da queda dos preços do minério de ferro e, posteriormente, do rompimento da Barragem de Fundão. O gráfico 2 apresenta a evolução da arrecadação total do município com base nos dados extraídos do Portal da Transparência da Prefeitura de Mariana (2018), disponíveis a partir de 2011, e o total da CFEM recolhida pelo município. O gráfico 3 apresenta a relação entre o recolhimento da CFEM e a arrecadação total no município entre 2011 e 2017. Observa-se que a curva apresenta a tendência de queda na arrecadação liderada pela queda desta contribuição.

Gráfico 2 – Evolução da Arrecadação Total e do Recolhimento da CFEM sobre a operação de Minério de Ferro, no Município de Mariana (2011 - 2017 em R\$ milhões)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do DNPM e Portal da Transparência da Prefeitura de Mariana (2018).

Gráfico 3 – Razão entre o Recolhimento da CFEM e a Arrecadação Total do município de Mariana entre 2011 e 2017

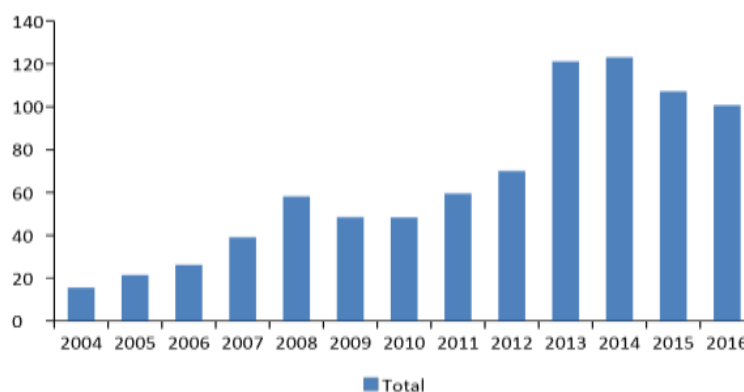


Fonte: Elaboração própria com base nos dados do DNPM e Portal da Transparência da Prefeitura de Mariana (2018).

Outra importante fonte de arrecadação municipal refere-se ao Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços. Acompanhando o processo de crescimento das operações das mineradoras presentes no município, o recolhimento do ICMS também apresentou aumentos entre 2011 e 2014 (gráfico 4), iniciando um período de queda na

arrecadação deste imposto a partir de 2015. Tais oscilações na arrecadação sugerem que o ICMS repassado ao município é em sua maior parte composto pelas transferências relacionadas à Lei Kandir, devido à perda de repasses de valores a título de compensação pelas perdas decorrentes da isenção de ICMS.

Gráfico 4 – Total de repasse de ICMS do estado de Minas Gerais para o município de Mariana (2004 – 2016)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FJP (2017).

O destino dado às receitas originárias da exploração de recursos minerais não renováveis, como o minério de ferro, é um fator controverso e levanta a hipótese de que, municípios com elevados volumes de arrecadação apresentam dependência econômica ao setor com maior contribuição fiscal, fragilizando, assim, o orçamento municipal. O aumento do volume dessas arrecadações pode ser tido como temporário, visto que a extração dos recursos minerais é uma atividade finita, pode impedir a diversificação produtiva e deixar a economia local susceptível às instabilidades do mercado internacional de *commodities* (COLLIER *et al.*, 2010 *apud* Simonato *et al.*, 2017).

É possível perceber pelos dados apresentados nesta seção que Mariana iniciou perdas de receita a partir do momento em que o setor de extração mineral enfrentou problemas internos e externos, que desencadearam reduções no valor de venda do produto ou até mesmo, redução na produção. Essas reduções afetaram diretamente os repasses de ICMS e CFEM para o município, expondo sua fragilidade financeira e a dependência da atividade extrativa.

Os efeitos socioeconômicos gerados por choques que afetam setores chave de uma determinada economia podem levar a retrocessos no que diz respeito às perdas econômicas de recursos gerados em momentos de crescimento regional, impulsionado pela especialização produtiva em determinado setor. Em seguida será analisada a especialização da estrutura produtiva de Mariana, com o intuito de entender de que forma a sua economia reagiu ao choque no curto prazo.

## 2 – Mensurando a Especialização Produtiva: Quociente Locacional

No sentido de mensurar o quão a economia marianense é especializada em atividade específica, parte-se para identificação das aglomerações produtivas a partir do Quociente Locacional (QL). Bastante utilizada na literatura de economia regional, o QL é uma tentativa de comparar estruturas setoriais-espaciais. Ele é a razão entre duas estruturas econômicas, na qual o numerador representa uma *proxy* da economia da



região analisada e no denominador, uma *proxy* da economia de referência (CROCCO *et al.*, 2006).

$$QL = \frac{\frac{E_j^i}{E_j}}{\frac{E_{BR}^i}{E_{BR}}} \quad (1)$$

onde:

$E_j^i$  = Emprego da atividade industrial  $i$  na região  $j$ ;

$E_j$  = Emprego industrial total na região  $j$ ;

$E_{BR}^i$  = Emprego da atividade industrial  $i$  no Brasil;

$E_{BR}$  = Emprego industrial total no Brasil.

Segundo Crocco *et al.* (2006), é possível considerar que exista especialização da atividade  $i$  na região  $j$ , caso seu QL seja superior a um. Um segundo critério para a avaliação do par região-atividade é em termos de sua relevância nacional. Para isso, a participação relativa do par região-atividade no emprego nacional deve ser pelo menos 1% do emprego nacional daquele setor. As aglomerações que possuírem  $QL > 1$  e participação relativa maior que 1% deverão, então, ser controladas pelo critério de densidade, no qual só serão considerados *clusters* aquelas aglomerações que apresentarem um mínimo de dez estabelecimentos no respectivo setor e mais de dez em atividades associadas.

Para o cálculo do QL setorial do município de Mariana foram utilizados os dados do saldo de movimentação (admitidos – desligados) fornecidos pelo CAGED (2017) como *proxy* para o emprego formal de Mariana e do Brasil, no período de 2004 a 2017<sup>2</sup> e apresentados na tabela 3. Nela percebe-se que o setor de extração mineral apresentou quocientes muito maiores que 1 entre 2004 e 2017, com destaque para os valores negativamente acentuados entre os anos de 2008 e 2010, período no qual o setor sentiu os efeitos da crise econômica mundial. Outro ponto importante é o valor negativo do QL em 2015, o que já pode ser reflexo do rompimento da barragem, seguido por um valor positivo em 2016, sugerindo que os contratos salariais e as primeiras ações de recuperação e contenção dos impactos causados pelo desastre, causaram um efeito positivo na empregabilidade de Mariana.

---

<sup>2</sup> Vale ressaltar que, a base de dados do CAGED é ineficiente na captação dos trabalhadores formais, uma vez que seu universo amostral é diferente da RAIS (Relação Anual de Informações Sociais). O CAGED não acompanha o emprego de estatutários e celetistas, tornando-se uma base que cobre um percentual menos de trabalhadores formais em relação à RAIS. Mas, a escolha do CAGED no cálculo do QL, e demais análises empíricas realizadas adiante, se deve ao fato da RAIS ainda não ter dados para o ano de 2017, ao contrário do CAGED. Para este trabalho, é importante captar as informações presentes no ano de 2017, a fim de inferir sobre os primeiros efeitos gerados pelo rompimento da Barragem de Fundão.

Tabela 3 – Quociente Locacional do município de Mariana, por setor (2004 a 2016)

Ano	Extrativa mineral	Indústria de transformação	Serviços Industriais de Util. Pública	Construção Civil	Comércio	Serviços	Admin. Pública	Agropecu. ext. vegetal, caça e pesca
2004	52,63	1,81	-4,77	-142,32	5,28	11,48	2050,78	7,14
2005	1,42	0,10	0,00	-2,17	1,15	1,11	16,71	2,45
2006	12,56	0,67	0,00	3,60	1,78	-0,20	11,99	0,89
2007	15,42	0,32	0,14	4,87	0,30	0,54	0,49	1,77
2008	-5,43	3,74	0,54	21,26	-1,29	-5,66	66,86	4,93
2009	-373,76	102,36	2,35	-2,84	-4,25	8,71	-102,98	6,09
2010	-24,14	0,16	-0,64	5,15	0,82	1,25	-62,01	-0,09
2011	12,87	0,09	0,78	2,81	0,48	0,47	28,83	0,33
2012	6,84	0,24	-0,52	10,22	0,28	0,41	160,38	0,39
2013	36,69	0,04	0,45	13,07	0,18	0,22	4,01	-0,25
2014	0,90	0,00	0,00	-1,01	-0,02	0,04	-0,06	0,01
2015	-2,94	0,07	0,00	2,83	0,67	-0,05	8,58	32,12
2016	21,14	0,02	0,00	0,06	0,03	0,03	0,00	0,00
2017	12,40	-0,02	0,00	-0,09	-0,17	3,50	0,00	0,03

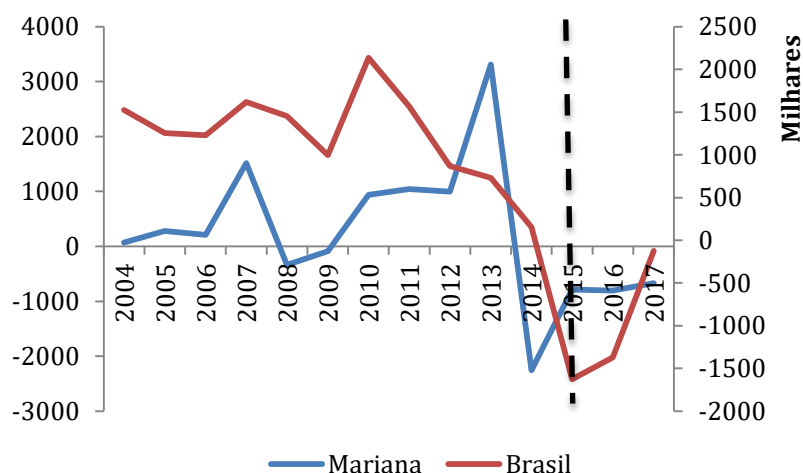
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do CAGED.

Os resultados para o setor de administração pública também apresentaram um viés de concentração setorial, principalmente nos anos de 2004, 2008, 2011 e 2012. Estes anos foram marcados por eleições municipais, e, em especial em 2010 foi acentuada a crise política no município cujo comando da prefeitura foi trocado cinco vezes em três anos (COMARCA DE MARIANA - TRE/MG, 2017). Sugere-se que empregabilidade no setor está sujeita aos períodos eleitorais e a estabilidade de seus governantes em seus mandatos. Outra informação importante a ser observada na tabela 3, é que o setor de construção civil apresentou certo grau de especialização, ressaltando que sua forte relação com a mineração, em especial, com as empresas terceirizadas que atendem às mineradoras.

### 3 – Os impactos do rompimento da Barragem de Fundação: análise empírica e discussão

O rompimento da Barragem de Fundão foi um grande choque contracionista que atingiu Mariana no final do ano de 2015. Para compreender como o emprego reagiu a esse choque, recorreu-se ao método de controle sintético, no qual o objetivo é comparar a evolução do saldo de movimentações do emprego em Mariana com uma versão sintética do município (esta última, composta por outros municípios mineradores de Minas Gerais com perfis de arrecadação da CFEM próximos ao de Mariana).

Gráfico 5 – Saldo de Movimentações total do emprego no Brasil e em Mariana/MG (2004 a 2017)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do CAGED (2017).

A partir do gráfico 5 nota-se a contração do emprego em Mariana em 2013 foi mais intensa em comparação ao nível nacional. Isso sugere que o fim do projeto de expansão da empresa Samarco (P4P)<sup>3</sup> somado ao processo de desvalorização preço das commodities afetara o emprego local. A partir de 2014, percebe-se um movimento de crescimento do emprego em Mariana contrariando a tendência nacional, uma vez que o país atravessava uma recessão econômica em 2013. A partir de 2015, a trajetória de crescimento é interrompida, e o município inicia uma fase de “estagnação” do emprego, indo contra a tendência nacional de recuperação da empregabilidade após seis anos de queda. O que se pode inferir sobre esse período é que o rompimento da barragem afetou o emprego em Mariana, e que um processo maior de perda de vagas de trabalho só foi evitado, devido ao cumprimento dos contratos salariais já estabelecidos e pela demanda por mão de obra para as ações de recuperação das áreas atingidas, principalmente no setor de construção civil.

<sup>3</sup> Em março de 2014, o início da operação do Projeto Quarta Pelotização (P4P) da Samarco, foi um dos maiores projetos de expansão do setor privado brasileiro. Com a implantação do P4P e o aumento da capacidade, empresa definiu uma estratégia de equilíbrio entre a produção de pelotas de redução direta e de alto-forno, bem como de atendimento aos mercados, a fim de mitigar potenciais riscos e apostar em produtos mais rentáveis. Para a Samarco, apesar da queda dos preços do minério de ferro, a maior qualidade das pelotas em relação a outras apresentações do mineral permaneceria como um diferencial competitivo, o que manteria os preços médios dos produtos oferecidos pela Samarco acima da média de mercado. Outro mecanismo utilizado pela empresa para contornar a desvalorização do produto, foi a redução de custos a partir da combinação de alta produtividade, uso máximo dos ativos e aumento de eficiência. Destaca-se neste processo, a melhoria propiciada pelo P4P que, por meio do aumento da capacidade, permitiu a redução dos custos de produção e reduziu eventuais perdas no aspecto de precificação (SAMARCO, 2014).

### 3.1 – O modelo de Controle Sintético

O primeiro trabalho utilizando o método de controle sintético foi de Abadie e Gardeazabal (2003), no qual investigam os efeitos econômicos do conflito terrorista no País Basco. Abadie *et al.* (2010) aplicam os métodos de controle sintético para estudar os efeitos da Proposição 99, um programa de controle de tabaco em larga escala implementado na Califórnia em 1988. Cavallo *et al.* (2013) analisam o impacto de grandes catástrofes ocorridas entre 1970 e 2000 sobre o PIB real *per capita* dos países que sofreram tais impactos. Munasib e Rickman (2015) utilizaram o método para examinar os impactos econômicos da produção de petróleo e gás a partir de formações de xisto em áreas-chave de produção nos Estados Unidos. Amon-Há *et al.* (2017) averiguaram se economias com lei de patentes mais rígidas influenciam no processo inovativo, usando como instrumento a mudança na lei de patentes no Brasil, ocorrida em 1996, e sua influência sobre os produtos exportados de alta tecnologia.

De acordo com Abadie *et al.* (2010), a vantagem do método de controle sintético em relação aos métodos de regressão tradicionais é a transparência e a proteção contra a extrapolação. O controle sintético é uma média ponderada das unidades de controle disponíveis, que torna evidente a contribuição (peso) relativa de cada unidade de controle para o contrafactual de interesse. Ou seja, as semelhanças entre a unidade tratada (evento, intervenção ou choque) e o controle sintético, em termos de resultados pré-intervenção e os preditores dos resultados pós-intervenção, tornam-se próximas dada a representatividade de cada unidade não afetada dentro do grupo de controle. Os pesos podem ser restritos para serem positivos e devem somar um.

Cavallo *et al.* (2013) enumeram duas desvantagens do método de controle sintético: (i) a identificação quase experimental não é possível sem hipóteses de identificação. É possível que outras intervenções que ocorram simultaneamente ou após a intervenção analisada possam interferir nos resultados; (ii) a metodologia calcula apenas o impacto agregado de forma reduzida da intervenção no resultado do interesse, sem identificar os canais de transmissão, o que poderia incluir a presença de políticas de reconstrução efetivas, por exemplo. Isso deve ser levado em conta ao interpretar os resultados.

### 3.2 – Especificação do Modelo

Suponha a observação das unidades  $J + 1$ . Sem perda de generalidade, suponha também que apenas a primeira unidade (região) é exposta à intervenção (tratamento) de interesse, de modo que as  $J$  unidades restantes sejam potenciais controles. Suponha também que a primeira unidade esteja constantemente exposta à intervenção de interesse após alguma intervenção inicial período (ABADIE *et al.*, 2010).

Seja  $Y_{it}^N$  o resultado que seria observado para a região  $i$  no tempo  $t$  na ausência de intervenção, para as unidades  $i = 1, \dots, J + 1$ , e períodos de tempo  $t = 1, \dots, T$ . Seja  $T_0$  o número de períodos de pré-intervenção, com  $1 < T_0 < T$ . Seja  $Y_{it}^I$  o resultado que seria observado para a unidade  $i$  no instante  $t$  se a unidade  $i$  estiver exposta à intervenção em períodos  $T_0 + 1$  a  $T$  (ABADIE *et al.*, 2010).

Supondo que a intervenção não tenha efeito sobre o resultado antes do período de implementação, portanto, para  $t \in \{1, \dots, T_0\}$  e todos  $i \in \{1, \dots, N\}$ , temos que  $Y_{it}^I = Y_{it}^N$ . Para Abadie *et al.* (2010), as intervenções podem ter um impacto antes da sua implementação, sendo assim,  $T_0$  o primeiro período em que o resultado pode reagir à intervenção. Isso significa que, para os autores, os resultados das unidades não tratadas não são identificados pela intervenção implementada na unidade tratada.

O efeito da intervenção para a unidade  $i$  no tempo  $t$  tem-se:

$$\alpha_{it} = Y_{it}^I - Y_{it}^N \quad (2)$$

E seja  $D_{it}$  uma *dummy* que tem valor 1 se a unidade  $i$  estiver exposta à intervenção no tempo  $t$  e 0, caso contrário:

$$Y_{it} = Y_{it}^N + \alpha_{it}D_{it} \quad (3)$$

Quando apenas a primeira unidade (unidade 1) é exposta à intervenção e somente após o período  $T_0$  (com  $1 \leq T_0 < T$ ), tem-se que:

$$D_{it} = \begin{cases} 1, & \text{se } i = 1 \text{ e } t > T_0 \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Para  $t > T_0$ :

$$\alpha_{1t} = Y_{1t}^I - Y_{1t}^N = Y_{1t} - Y_{1t}^N \quad (4)$$

Como  $Y_{1t}^I$  é observado, para estimar  $\alpha_{1t}$ , é preciso apenas estimar  $Y_{1t}^N$ . Para isso, suponha que  $Y_{1t}^N$  é dado por um modelo de fator:

$$Y_{it}^N = \delta_t + \theta_t Z_i + \lambda_t \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

onde  $\delta_t$  é um fator comum desconhecido com carga de fator constante em unidades,  $Z_i$  é um vetor ( $r \times 1$ ) de variáveis observadas (não identificadas pela intervenção),  $\theta_t$  é um vetor ( $1 \times r$ ) de parâmetros desconhecidos,  $\lambda_t$  é um vetor ( $1 \times F$ ) de fatores comuns não observados,  $\mu_i$  é um vetor ( $F \times 1$ ) de cargas de fatores desconhecidos e os termos de erro  $\varepsilon_{it}$  são choques transitórios não observados no nível da unidade com zero significância (ABADIE *et al.*, 2010).

Dado um vetor ( $J \times 1$ ) de pesos  $W = (w_2, \dots, w_{J+1})$  de modo que  $w_j \geq 0$  para  $j = 2, \dots, J+1$  e  $w_2 + \dots + w_{J+1} = 1$ . Cada valor particular do vetor  $W$  representa uma média ponderada de unidades de controle. O valor da variável de resultado para cada controle sintético indexado por  $W$  é:

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} = \delta_t + \theta_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j Z_j + \lambda_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j \mu_j + \sum_{j=2}^{J+1} w_j \varepsilon_{jt} \quad (6)$$

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{j1} = Y_{11}, \dots, + \theta_t \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jT_0} = Y_{1T_0} \quad (7)$$

$$\sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Z_j = Z_1 \quad (12)$$

$$Y_{1t}^N - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} = \sum_{j=2}^{J+1} w_j \sum_{s=1}^{T_0} \lambda_t (\sum_{n=1}^{T_0} \lambda_n' \lambda_n)^{-1} \lambda_s' (\varepsilon_{js} - \varepsilon_{1s}) \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* (\varepsilon_{jt} - \varepsilon_{1t}) \quad (8)^4$$

---

<sup>4</sup> Abadie *et al.* (2010) explicam no Apêndice B por que  $\sum_{t=1}^{T_0} \lambda_t' \lambda_t$  é não singular. Eles explicam também que em condições padrão, a média do lado direito da equação (6) será próxima de zero se o número de períodos de pré-intervenção for grande em relação à escala dos choques transitórios.

A equação (8) pode ser realizada apenas se  $(Y_{11}, \dots, Y_{1T_0}, Z_1')$  pertencer ao caso convexo de  $\{(Y_{21}, \dots, Y_{2T_0}, Z_2', \dots, (Y_{J+11}, \dots, Y_{J+1T_0}, Z_{J+1}'))\}$  (ABADIE *et al.*, 2010).

A unidade de controle sintético é selecionada para que a equação (8) mantenha, aproximadamente, uma combinação ponderada de unidades não tratadas. Quando isso não é possível,  $(Y_{11}, \dots, Y_{1T_0}, Z_1')$  se situa longe de  $\{(Y_{21}, \dots, Y_{2T_0}, Z_2', \dots, (Y_{J+11}, \dots, Y_{J+1T_0}, Z_{J+1}'))\}$ , porém, a magnitude dessa discrepância pode ser calculada para cada aplicação específica. Segundo, Abadie *et al.* (2010), para cada aplicação específica, é possível decidir se as características da unidade tratada são adequadamente combinadas pelo controle sintético. Mas os autores recomendam que, quando o ajuste não é bem feito, o uso de um controle sintético não é viável.

Segundo Abadie e Gardeazabal (2003) cria-se uma média ponderada de outras regiões como unidade "sintética" em intervenção, contra a qual se pode comparar a unidade interesse atual com a intervenção. Seja  $J$  o número de unidades de controle e  $W = (w_1, \dots, w_J)'$  um vetor ( $J \times 1$ ) de pesos não negativos que somam um. O escalar  $w_j$  ( $j = 1, \dots, J$ ) representa o peso da região  $j$  no grupo de controle sintético. Cada valor diferente para  $W$  produz uma unidade de interesse sintética diferente e, portanto, a escolha de um subconjunto válido de unidades de controle está inserida na escolha dos pesos  $W$ . Seja  $X_1$  um vetor ( $K \times 1$ ) de prevenções a atos terroristas de  $K$  preditores de crescimento econômico da unidade tratada. Seja  $X_0$  uma matriz ( $K \times J$ ) que contém os valores das mesmas variáveis dependentes para as possíveis unidades de controle  $J$ . Seja  $V$  uma matriz diagonal com componentes não negativos. Os valores dos elementos diagonais de  $V$  refletem a importância relativa dos diferentes preditores de crescimento.

O vetor de pesos  $W^*$  é escolhido para minimizar

$$(X_1 - X_0W)' V (X_1 - X_0W) \quad (9)$$

sujeito a  $w_j \geq 0$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) e  $w_1 + \dots + w_J = 1$ . Este vetor define a combinação de unidades de controle que melhor se assemelharam à unidade tratada em determinantes de crescimento econômico no início da intervenção (ABADIE e GARDEAZABAL, 2003).

Dado que  $W^*$  depende de  $V$ , a escolha de  $V$  deve ser explicada. A escolha de  $V$  poderia ser subjetiva, refletindo o conhecimento prévio sobre a importância relativa de cada preditor de crescimento particular. Abadie e Gardeazabal (2003) adotam um método mais eclético, escolhendo  $V$  de forma que a trajetória da variável de controle para a unidade tratada seja melhor reproduzida pela unidade sintético resultante. Os preditores de crescimento para a unidade de controle sintética antes da intervenção é:  $X_1 = X_0W^*$ . Esses números dão uma indicação de quão bem a combinação ponderada de regiões de controle reproduz os valores dos preditores de crescimento para a unidade tratada antes da intervenção.

Seja  $Y_1$  ser um vetor ( $T \times 1$ ) cujos elementos são os valores da variável dependente para a unidade de interesse durante os períodos  $T$ . Seja  $Y_0$  uma matriz ( $T \times J$ ) que contém os valores da mesma variável dependente para as unidades de controle. O objetivo é aproximar a trajetória da variável dependente que a unidade tratada teria experimentado sem a intervenção. O padrão da variável dependente contrafactual é calculado como a variável dependente da unidade de controle sintética,  $Y_1^* = Y_0W^*$  (ABADIE e GARDEAZABAL, 2003).

### 3.3 - Teste Placebo

Segundo Abadie e Gardeazabal (2003) após uma intervenção, os fatores de produção são corrigidos no curto prazo, uma vez que a intervenção gerou um efeito negativo na variável dependente de estudo. A inferência estatística sobre o efeito da intervenção na economia pode ser realizada observando a relação entre as curvas das variáveis dependentes obtidas no resultado (unidade sintética e a unidade tratada), e a intensidade da intervenção na unidade de interesse durante o período de amostragem. Os autores avaliaram se a diferença observada para o País Basco após o início do terrorismo pode ter sido criada por outros fatores. Para isso, realizam um "estudo placebo", aplicando o método de controle sintético para calcular a diferença a unidade de interesse em relação uma outra região não afetada, no caso, a Catalunha, mas que representaria o peso do País Basco.

Abadie *et al.* (2010) salientam que os erros padrão, geralmente relatados em estudos de caso comparativos baseados em regressão, medem incertezas sobre dados agregados no que diz respeito à indisponibilidade desses dados. Se os dados agregados fossem utilizados para a estimação, a inferência produziria erros padrão igual a zero, mas, na maioria das vezes, o conhecimento perfeito dos dados agregados não elimina toda a incerteza sobre os parâmetros de interesse. Isso porque, mesmo que os dados agregados sejam utilizados para estimação, na maioria dos casos, os pesquisadores não têm total confiança no valor dos parâmetros de interesse, dado que nem toda incerteza sobre o valor dos parâmetros estimados vem da falta de conhecimento de dados agregados.

A aplicação do método de controle sintético a cada controle potencial permite avaliar se o efeito estimado pelo controle sintético para a região afetada é grande em relação ao efeito estimado para uma região escolhida aleatoriamente. Esse exercício inferencial é exato no sentido de que, independentemente do número de regiões de comparação disponíveis, períodos de tempo e se os dados são individuais ou agregados, é sempre possível calcular a distribuição exata do efeito das intervenções no placebo (ABADIE *et al.*, 2010).

A inferência proposta por Abadie *et al.* (2010) produz inferência aleatorizada clássica para o caso em que a intervenção é realmente aleatória nas unidades, uma condição bastante restritiva. De um modo mais geral, os autores afirmam que exercício inferencial proposto por eles examina se o efeito estimado da intervenção real é ou não grande em relação à distribuição dos efeitos estimados para as unidades não expostas à intervenção. Esta é uma inferência informativa se, sob a hipótese de nenhum efeito de intervenção, não se espera que o efeito estimado da intervenção seja anormal em relação à distribuição dos efeitos do placebo. Para os casos em que o número de unidades de comparação disponíveis é muito pequeno, pode-se usar a dimensão longitudinal dos dados para produzir estudos de placebo, onde as datas das intervenções de placebo serão definidas aleatoriamente.

### 3.4 –Base de Dados

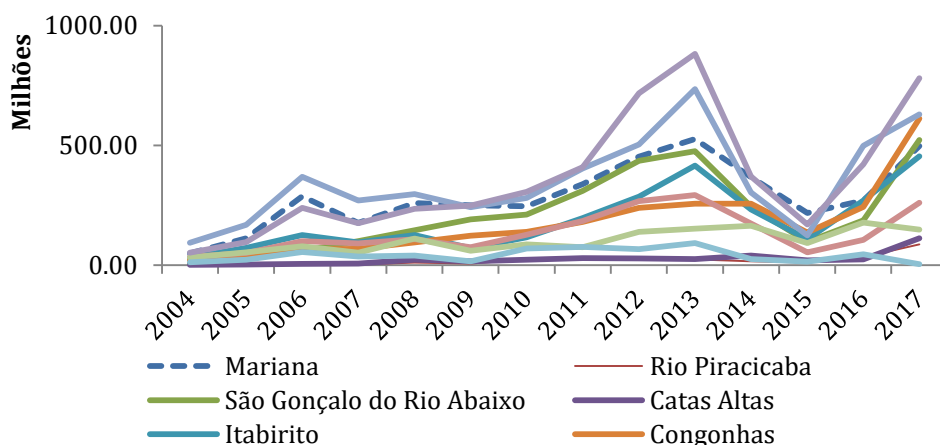
Para a análise empírica, foram considerados os municípios mineiros selecionados, e o período referente aos anos de 2004 a 2018. Neste período a indústria de extração de minério de ferro passou por diferentes choques que influenciaram diretamente o setor e os municípios nos quais esta atividade está presente.

Devido à indisponibilidade de dados do PIB Municipal para Minas Gerais, referentes aos anos de 2017 e 2018, a análise será feita com base nas informações do

emprego formal disponíveis no Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) tido como *proxy* de atividade econômica. A utilização do saldo de movimentações de emprego (admitidos - desligados) dos oito setores<sup>5</sup> de atividade econômica do CAGED, identificada neste trabalho como SALDOTOTAL, será a *proxy* para analisar como Mariana e outros municípios mineiros selecionados reagiram aos choques dos últimos cinco anos. Além disso, o saldo de movimentações no emprego do setor de extração mineral (SALDOMIN) foi desagregado do montante total com a finalidade de captar o comportamento do emprego deste setor na análise empírica, os demais setores foram agregados na variável SALDOOUTROS. Conforme salientado, a escolha da base de dados do CAGED se deve à disponibilidade da série 2004-2018, tornando possível captar os primeiros efeitos do rompimento da Barragem de Fundão.

Outra variável considerada no modelo é o valor da CFEM, deflacionado para o ano-base de 2017, será utilizado como variável de controle para os modelos que serão estimados. Além disso, foram selecionados os 10 municípios<sup>6</sup> mineiros com maior arrecadação da CFEM no ano de 2017, além do município de interesse, Mariana. A escolha desses municípios deve-se principalmente pela participação destes no mercado da *commodity* minério de ferro, conforme ilustra o gráfico 6, no qual o aumento do recolhimento da CFEM está atrelado ao aumento das operações nestas localidades.

Gráfico 6 – Recolhimento da CFEM nos municípios selecionados em dólares americanos (2004 – 2017)



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do DNPM (2019).

É possível perceber que a tendência do recolhimento da CFEM entre os municípios, em alguns casos, se assemelha à tendência de Mariana. Esses municípios também apresentaram um aumento da participação do setor minerário na economia local, levantando a hipótese de que também apresentam uma dependência econômica

<sup>5</sup> A saber: 1 - Extrativa mineral; 2 - Indústria de transformação; 3 - Serviços Industriais de Utilidade Pública; 4 - Construção Civil; 5 - Comércio; 6 - Serviços; 7 - Administração Pública; 8 - Agropecuária, extrativa vegetal, caça e pesca.

<sup>6</sup> Rio Piracicaba, São Gonçalo do Rio Abaixo, Catas Altas, Itabirito, Congonhas, Itabira, Brumadinho, Ouro Preto, Nova Lima, Barão de Cocais.



das empresas mineradoras, estando susceptíveis aos efeitos expansionistas e contracionistas dos choques que atingem o setor.

### 3.5 - Estimação para os impactos do rompimento da Barragem de Fundão

Para a estimação dos efeitos do rompimento da Barragem de Fundão no município de Mariana foi utilizado o método de controle sintético para analisar a trajetória econômica pré e pós-choque de uma localidade, comparando esta com sua cópia sintética, formada a partir de outras unidades de perfil semelhante.

Desta forma, temos:

$$SALDOTOTAL_{it} = SALDOTOTAL_{it}^N + \alpha_{it}D_{it} \quad (10)$$

$$\alpha_{1t} = SALDOTOTAL_{1t}^I - SALDOTOTAL_{1t}^N = SALDOTOTAL_{L1t} - SALDOTOTAL_{L1t}^N \quad (11)$$

Como  $SALDOTOTAL_{1t}^I$  é observado, para estimar  $\alpha_{1t}$ , é preciso apenas estimar  $SALDOTOTAL_{L1t}^N$  dos 10 municípios que compõem o grupo de controle. Então:

$$SALDOTOTAL_{it}^N = \delta_t + \theta_t(SALDOMIN + SALDOOUTROS + lnCFEM)_i + \lambda_t\mu_i + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

Os pesos relatados na tabela 4 indicam que a tendência do saldo total de movimentações do emprego é melhor reproduzida por Rio Piracicaba. Quando são inseridas no modelo as variáveis independentes SALDOMIN, SALDOOUTROS e  $lnCFEM$ , a combinação de São Gonçalo do Rio Abaixo (9%), seguido de Itabirito (61%), que teve maior peso no grupo de controle, e Congonhas (30%) reproduz melhor uma “Mariana Sintética”. Todos os outros municípios do grupo de controle recebem pesos iguais à zero.

Tabela 4 – Peso dos 10 municípios na Mariana Sintética

Município	Choque de 2015	
	Peso com a tendência	Peso com variáveis independentes
Rio Piracicaba	1,0	0,0
São Gonçalo do Rio Abaixo	0,0	0,09
Catas Altas	0,0	0,0
Itabirito	0,0	0,61
Congonhas	0,0	0,30
Itabira	0,0	0,0
Brumadinho	0,0	0,0
Ouro Preto	0,0	0,0
Nova Lima	0,0	0,0
Barão de Cocais	0,0	0,0

Fonte: Elaboração própria com base nos dados obtidos e manipulados no software STATA 13.1.

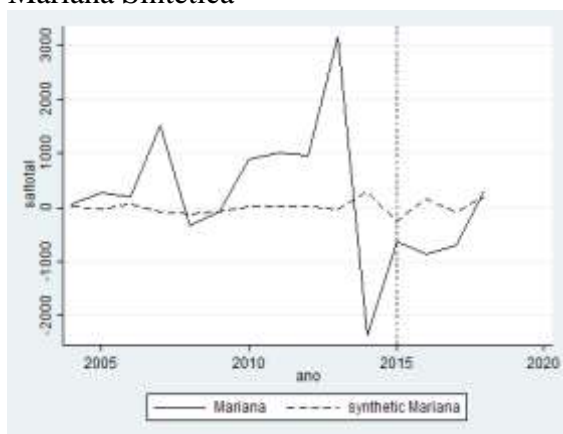
A média das discrepâncias quadradas entre o saldo de movimentações do emprego em Mariana e sua versão sintética no período pré-choque (2004 a 2014) é expressa pelo erro quadrado de predição (*Mean Squared Prediction Error – MSPE*).

Quanto menor o erro quadrado de predição, melhor é o ajuste entre Mariana e a “Mariana Sintética”. Nesta estimativa, o MSPE foi igual a 492,35, um valor alto para erro padrão. Isso se justifica pelo fato do período pós-choque ainda ser curto. O município de Mariana ainda sofre os efeitos socioeconômicos iniciados pela queda dos preços do minério de ferro, pela crise econômica nacional e que foram intensificados pelo rompimento da barragem de Fundão. Mas, apesar das limitações dos dados disponíveis e restrições do período temporal pós-choque, ainda assim o esforço de análise inicial dos impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão sobre o município de Mariana se justifica.

A figura 1 mostra a tendência do saldo total de movimentações no mercado de trabalho de Mariana e do grupo de controle, considerando o choque do rompimento da Barragem de Fundão em 2015, respectivamente. Considerando apenas a tendência, o grupo de controle não fornece uma comparação adequada para a “Mariana Real”. Em nenhum momento do período analisado há um ajuste entre as curvas, nesse sentido, há necessidade de melhor ajuste do modelo.

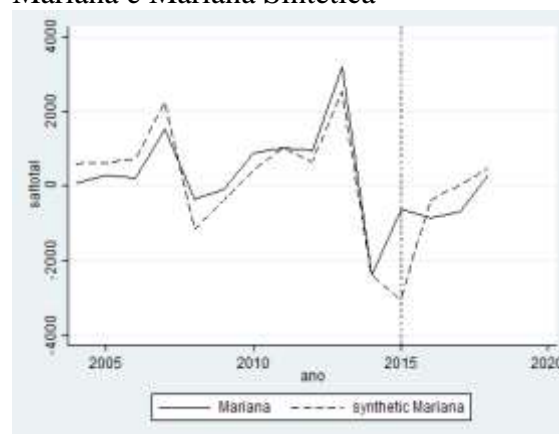
A Figura 2 exibe o saldo total das movimentações de emprego em Mariana em comparação com a “Mariana Sintética” durante o período de 2004 a 2018. Em contraste à figura 1, nota-se que a trajetória do saldo de movimentações do emprego de Mariana acompanha a trajetória da “Mariana Sintética” durante o período anterior ao rompimento da barragem, combinando um maior grau de equilíbrio entre ambas a partir dos preditores do saldo de movimentações no mercado de trabalho sugerindo que “Mariana Sintética” fornece uma melhor aproximação ao número admissões menos as demissões ocorridas entre 2004 e 2014, na ausência do choque.

Figura 1 – Tendência do Saldo de Movimentações de Emprego: Mariana x Mariana Sintética



Fonte: Resultado obtido após manipulação de dados executados no *software* STATA 13.1.

Figura 2 – Diferença do Saldo de Movimentações de Emprego entre Mariana e Mariana Sintética



Fonte: Resultado obtido após manipulação de dados executados no *software* STATA 13.1.

É possível inferir também sobre o comportamento das curvas entre os anos 2013 e 2015 na figura 2. Percebe-se que ambas apresentaram queda no saldo de emprego em 2013, porém, Mariana mostrou recuperação do saldo de empregos entre 2014 e 2015, enquanto a “Mariana Sintética” seguiu a trajetória de queda da empregabilidade. A hipótese para essa diferença no comportamento das curvas deve-se ao mercado de trabalho no setor de mineração ser afetado negativamente pela queda dos preços de minério de ferro a partir de 2013. Porém, com o início da operação do projeto de

expansão da Samarco (P4P)<sup>7</sup> em Mariana, o município seguiu uma trajetória de empregabilidade oposta aos demais municípios mineradores da amostra.

Tabela 5 – Média dos Preditores do Saldo Total de Movimentação do Emprego (Choque analisado: Rompimento da Barragem de Fundão em novembro de 2015)

Variáveis	Mariana Real	Mariana Sintética
<i>SALDOMIN</i>	56,91	120,74
<i>SALDOOUTROS</i>	424,64	319,59
<i>lnCFEM</i> (2004(1)2014)	17,70	17,04
<i>SALDOTOTAL</i> (2004(1)2009)	275,00	435,26
<i>SALDOTOTAL</i> (2010(1)2012)	949,67	699,40
<i>SALDOTOTAL</i> (2013)	3176,00	2509,74
<i>SALDOTOTAL</i> (2014)	-2378,00	-2375,90

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados obtidos no *software* STATA 13.1.

A partir da tabela 5 é possível verificar que os preditores estão bem ajustados, visto que os valores das médias da “Mariana Real” e da “Mariana Sintética” são bem próximos. Isto sugere, mais uma vez, que o valor elevado do MSPE pode estar relacionado à falta de um período maior de observações após o choque, e não à ineficiência dos municípios selecionados para formarem a unidade sintética.

A estimativa realizada sobre os efeitos do rompimento da Barragem de Fundão sobre o saldo total de movimentações no emprego em Mariana é a diferença entre os saldos de Mariana e sua versão sintética após o desastre (figura 2). Após 2015, as duas linhas começam a divergir visivelmente, apesar de ambas terem um comportamento ascendente. Porém, enquanto o saldo total de movimentações no emprego na “Mariana Sintética” iniciava sua tendência ascendente mais acentuada, Mariana apresentou uma recuperação da empregabilidade mais letárgica que os demais municípios. A discrepância entre as duas linhas sugere que, além de todos os municípios da amostra estarem inseridos em um contexto de recessão econômica nacional, o rompimento da barragem catalisou os efeitos negativos que já existiam no mercado de trabalho em Mariana.

A Figura 3 traça as estimativas anuais dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão, na qual os vales e picos na curva representam as variações no mercado de trabalho entre Mariana e sua contraparte sintética. Isto sugere que o rompimento da barragem afetou negativamente o nível de emprego no município entre 2015 e 2016. Mas, ao se fazer a análise da trajetória do município a partir de 2017, percebe-se que uma estabilidade no saldo de movimentações do emprego, porém, abaixo do saldo do ano anterior.

Infere-se que, de acordo com a figura 3, que esta recuperação letárgica do emprego pode estar relacionada à ausência de novos projetos expansivos relacionados à mineração ou mesmo fora dela; ou, ainda, que as demissões não têm sido acompanhadas por novas ofertas de trabalho nos setores mais diretamente vinculados à extração mineral e, por fim, a dificuldade de outros setores produtivos do município para absorver a mão de obra técnica dispensada pela mineração.

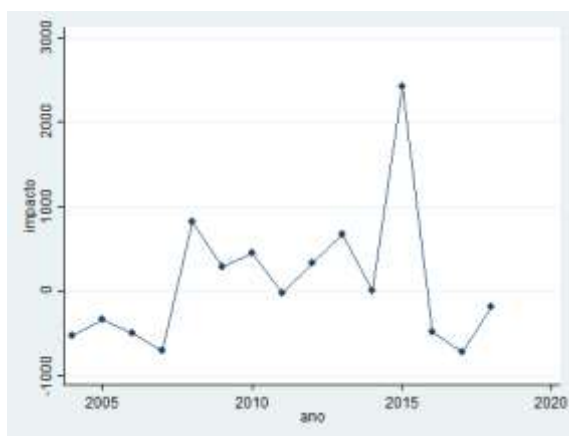
<sup>7</sup> O projeto P4P foi responsável pela geração de emprego em Mariana, principalmente no setor de construção civil.

Para avaliar a significância dessa estimativa, foram realizados Testes Placebos (ABADIE *et al.*, 2010) aplicando o método de controle sintético aos municípios que formaram o grupo de controle e que não passaram pela intervenção analisada. Se os estudos com placebo criam lacunas de magnitude semelhantes às estimadas para Mariana, a interpretação é que a análise não fornece evidências significativas de um efeito negativo do rompimento da barragem sobre o emprego em Mariana. Mas, por outro lado, se os estudos com placebo mostram que a diferença estimada para Mariana é maior em relação às lacunas para os municípios que não passaram por tal processo, indicando que a análise fornece evidências significativas do efeito negativo desse choque sobre o emprego do município.

Portanto, foram realizadas interações para cada um dos dez municípios do grupo de controle. Em cada interação, foram simulados dados para rompimento de barragem para todos os municípios, ou seja, foi criada uma unidade sintética para cada um dos municípios analisados, dado que estes também foram afetados por rompimentos de barragens, hipoteticamente. Em seguida, foi calculado o efeito estimado associado a cada placebo. Este procedimento iterativo fornece uma distribuição de lacunas estimadas para os municípios em que nenhuma intervenção ocorreu (ABADIE *et al.*, 2010).

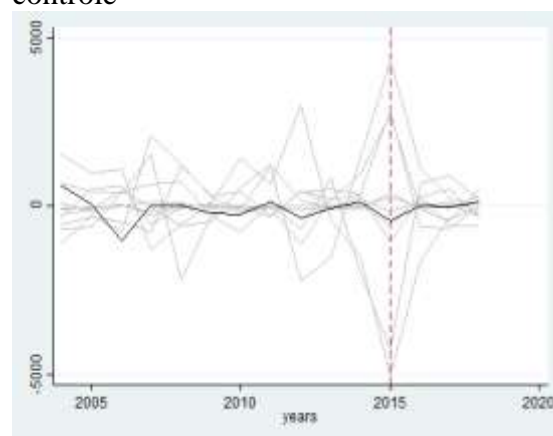
A Figura 4 exibe os resultados para o teste de placebo. As linhas cinza representam a diferença associada a cada um dos 11 testes. Ou seja, as linhas cinza mostram a diferença no saldo de movimentação do emprego entre cada município no grupo de controle e sua respectiva versão sintética. A linha preta sobreposta indica o intervalo estimado para Mariana.

Figura 3 – Movimentação no nível de emprego no período de 2004 a 2018



Fonte: Resultado obtido após manipulação de dados executados no *software* STATA 13.1.

Figura 4 – Diferença no Saldo Total de Movimentações do Emprego e Teste Placebo em todos os 10 municípios de controle



Fonte: Resultado obtido após manipulação de dados manipulados no *software* STATA 13.1.

À medida em que a diferença estimada para Mariana durante o período de 2004 a 2014 aumenta em relação à distribuição das diferentes linhas para os municípios no grupo de controle, reforça-se que o método de controle sintético fornece um bom ajuste para o saldo total de movimentação do emprego em Mariana antes do rompimento da barragem. Quando se considera a “Mariana Sintética”, sem a interferência do choque de 2015, e os placebos dos demais municípios mineradores sob o efeito do choque, percebem-se discrepâncias entre as curvas (cinzas e preta), sugerindo que o choque do

rompimento da Barragem de Fundão, de fato gerou efeitos relevantes sobre o emprego marianense.

Apesar da pequena recuperação do saldo de emprego da “Mariana Sintética”, o município de Mariana mostra estar em um processo de recuperação mais lento do mercado de trabalho, sinalizando que o município só não apresentou piores impactos para a sua economia por causa das obras já iniciadas e obrigações contratuais, além de algumas ações de reparação das instituições privadas e repasses emergenciais dos poder público, a fim de atenuar os impactos do rompimento da barragem.

Finalmente, há que ser considerado que os resultados foram auferidos usando variáveis que representam o emprego formal de Mariana o que revela preocupação adicional com outras dimensões que não estão captadas nesta discussão, tais como precarização do trabalho, aumento da informalidade e do subemprego no município, o que as estimações feitas não conseguem detectar e que também deve ser objeto de investigação para trabalhos futuros.

## **Conclusão**

Este trabalho teve como objetivo analisar os primeiros efeitos econômicos do choque contracionista ocorrido em Mariana no final de 2015, com o rompimento da Barragem do Fundão. A partir dos dados da evolução do emprego no município no período 2004 a 2018, buscou-se compreender a trajetória do crescimento econômico da cidade, enfatizando o período imediatamente após o rompimento da barragem de Fundão em novembro de 2015.

A análise empírica deste trabalho utilizou o método de controle sintético, cujo objetivo foi estabelecer comparações entre uma unidade de interesse e sua reprodução sintética. Entende-se como “sintética” um conjunto de unidades com perfil semelhante à unidade de interesse, capaz de reproduzir a trajetória econômica da unidade real sem a intervenção de um determinado evento, em um período específico. Sendo assim, foi criada uma “Mariana Sintética” composta pelos 10 municípios mineiros supracitados, a fim de analisar qual seria a trajetória de Mariana caso não houvesse o rompimento da Barragem de Fundão em 2015.

Os resultados mostraram que apesar da “Mariana Real” e a “Mariana Sintética” terem um comportamento ascendente no saldo de movimentação do emprego a partir de 2017, a versão sintética apresentou uma tendência ascendente mais acentuada em todo período pós choque, enquanto Mariana apresentou declínio da empregabilidade em 2015 e estagnação em 2016. A discrepância entre as duas linhas sugere um efeito negativo do rompimento da barragem sobre o emprego em Mariana. Ao se fazer a análise da trajetória da “Mariana Real” a partir de 2016, percebe-se um atraso de Mariana em relação à “Mariana Sintética”, o que sugere que o rompimento da Barragem de Fundão catalisou o processo de redução do emprego formal no município que já vinha apresentando perdas significativas desde 2013.

Por fim, deve ser enfatizado que este trabalho destaca a importância de se pensar estratégias de diversificação produtiva e permitam nova trajetória de crescimento com menos dependência da mineração. Para fins de continuidade de uma agenda de investigação, propõe-se que sejam efetuados mais esforços: i) nas atividades de indução à diversificação da renda (baseadas no turismo cultural, patrimonial e religioso, desportivo), agricultura familiar, entre outras atividades; ii) estudo das relações universidades - empresas - local, em especial, analisando o papel que a UFOP tem para as políticas de indução e estímulo à internalização do conhecimento e da mão de obra qualificada formada nas localidades na qual está inserida; iii) na aferição e propostas de

novas fórmulas e métodos estatísticos-econômicos para se medir resiliência econômica regional; iv) analisar a migração intersetorial da mão de obra antes alocada na atividade mineradora, tentando compreender quais setores mais absorveram este contingente e os impactos destes choques no setor informal e no desemprego do município; v) além disso, conforme já ressaltado, tendo em vista que os choques analisados neste trabalho são muito recentes, ampliar o escopo de análise e o período temporal, de modo a verificar de que forma Mariana tem conseguido se recuperar de ambos os choques.

### Referências Bibliográficas

ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. **American Economic Review**, v. 93, n. 1, p. 113-132, 2003.

ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Synthetic control methods for comparative case studies: Estimating the effect of California's tobacco control program. **Journal of the American Statistical Association**, v. 105, n. 490, p. 493-505, 2010.

AMON-HÁ, Reili; DE ARRUDA, Rodrigo Gomes; BEZERRA, Jocildo Fernandes. Patentes x Inovação: Uma Avaliação do Impacto utilizando o Método de Controle Sintético, 2017.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/>. Acessado em: 26/08/2017.

BUNKER, Stephen G. Underdeveloping the Amazon: extraction, unequal exchange, and the failure of the modern state. Chicago: University of Chicago Press, 1988.

CAVALLO, Eduardo; GALIANI, Sebastian; NOY, Ilan; PANTANO, Juan. Catastrophic natural disasters and economic growth. **Review of Economics and Statistics**, v. 95, n. 5, p. 1549-1561, 2013.

COMARCA DE MARIANA. Tribunal Regional Eleitoral de Minas Gerais (TRE/MG). Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/topicos/34112880/comarca-de-mariana-do-tre-mg>, 2017.

CROCCO, Marco Aurélio; GALINARI, Rangel; SANTOS, Fabiana; LEMOS, Mauro Borges; SIMÕES, Rodrigo. Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais. **Nova Economia**, 2006, 16(2), 211-241.

DAVIS, Graham A. Learning to love the Dutch disease: evidence from the mineral economies. *World Development*, Canada: Elsevier, vol.23, p. 1.765 - 1.779, 1995.

DEDECCA, Claudio Salvadori; TROVÃO, Cassiano José Bezerra Marques; SOUZA, Leonardo Flauzino de. Desenvolvimento e equidade: desafios do crescimento brasileiro. **Novos estudos CEBRAP**, n. 98, p. 23-41, 2014.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. Maiores arrecadadores da CFEM, 2017. Disponível em:

[https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores\\_arrecadadores.aspx](https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/cfem/maiores_arrecadadores.aspx). Acesso em: 07/08/2017.

ENRIQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva. Equidade intergeracional na partilha dos benefícios dos recursos minerais: a alternativa dos Fundos de Mineração. **Revibec: Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, v. 5, p. 61-73, 2006.

FJP. O histórico da Lei Robin Hood. Fundação João Pinheiro, 2017. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/robin-hood/index.php/leirobinhood/historico>. Acesso em dezembro de 2017.

INDEXMUNDI (2017). Preço do Minério de Ferro. Disponível em: <https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=iron-ore>.

INSTITUTO MINERE. CFEM: O que é e como funciona?(2016) Disponível em: <http://www.institutominere.com.br/materiais/download/e-book-cfem-o-que-e-e-como-funciona-2a-edicao>.

IMRS – Índice Mineiro de Responsabilidade Social. 2017. Disponível em: <<http://www.fjp.mg.gov.br>>. Acesso em: 19/05/2017.

LEWIS JR., Stephen. Development problems of the mineral-rich countries. In: SYRQUIN, Moshe; TAYLOR, Lance and WESTPHAL, Larry E. (Eds). Economic structure and performance: essays in the honor of Hollis B. Chenery. Orlando, FL: Academic Press. Inc, p. 157-177, 1984.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), 2017.

MUNASIB, Abdul; RICKMAN, Dan S. Regional economic impacts of the shale gas and tight oil boom: A synthetic control analysis. **Regional Science and Urban Economics**, v. 50, p. 1-17, 2015.

RADETZKI, Marian. Regional development benefits of mineral projects. **Resources Policy**, UK, Elsevier, vol.8, n.3, p. 193 - 200, 1982.

SILVA, Fernanda Faria; SILVA, Jordana Ferreira; ANDRADE, Maria Luiza Freira. Indicadores Setoriais de Resiliência regional para Mariana (MG). Proposta de colaboração acadêmica BDMG, PPEA-UFOP. Mariana, 2017.

SILVA, Jordana Ferreira, da; SILVA, Fernanda Faria; OLIVEIRA, Héder Carlos de. Da Especialização Produtiva ao rompimento da Barragem de Fundão: uma análise da Resiliência Econômica para o município de Mariana/MG. Dissertação de Mestrado, PPEA-UFOP, 2018.

SIMONATO, Thiago Cavalcante; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Urbanização, economia e mineração em Minas Gerais: aspectos contemporâneos de conflitos históricos. ANPUR, 2017.

STIJNS, Jean-Philippe. Natural resource abundance and human capital accumulation. In World Development. Canadá: Elsevier, vol. 34, n .6, p.1060-1083, 2006.