

# Desastres Naturais e Crescimento Econômico: Evidências para o desastre na Região Serrana do Rio de Janeiro (2011)

Vinícius Halmenschlager\*; Alexandre Nunes de Almeida†; Felipe Garcia Ribeiro‡

## Resumo

Os desastres naturais, constantemente relacionados às mudanças climáticas, têm aumentado em nível de ocorrência e custos no Brasil e no mundo. Dentre as catástrofes brasileiras, destaca-se as chuvas e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro no mês de janeiro de 2011, que ficaram conhecidas como o maior desastre natural do país, tendo em vista que acarretou mais de 900 mortes e deixou mais de 45 mil desabrigados. Apesar de ser um assunto bastante discutido na literatura, não há um consenso, tanto em termos teóricos quanto empíricos, sobre a relação entre desastres naturais e crescimento econômico. Além disso, são poucos os trabalhos que estudam os desastres naturais brasileiros, principalmente seus aspectos econômicos a nível regional. Neste sentido, este trabalho tem por objetivo identificar o impacto do desastre natural na Região Serrana do Rio de Janeiro e seus custos econômicos, especialmente através do Produto Interno Bruto (PIB). Para tanto, emprega-se o método de Controle Sintético proposto por Abadie e Gardeazabal (2003) com a abordagem de múltiplas unidades tratadas e procedimento de inferência propostos por Cavallo et al. (2013). Os resultados preliminares apontam para efeitos negativos sobre o crescimento econômico, em termos do produto interno bruto.

**Palavras-Chave:** Mudanças Climáticas; Economia Regional e Urbana; Desastres Naturais; Crescimento Econômico; Controle Sintético.

**Classificação JEL:** Q54, O18, R11

## Abstract

*Natural disasters, constantly related to climate change, have increased in the level of occurrence and costs in Brazil and in the world. Among the Brazilian catastrophes, its stands out torrential rains and earthquake in the mountain range close Rio de Janeiro in January 2011, which became known as the country's biggest natural disaster, have resulted in more than 900 deaths and more than 45 thousand homeless. Although it is a subject much discussed in the literature, there is no consensus, in theoretical as well as empirical terms, on the relation between natural disasters and economic growth. In addition, there are few studies about Brazilian natural disasters, especially their regional economic aspects. In this sense, the scope of this article is to identify the impact and the main links between natural disaster in the mountain range close Rio de Janeiro and their economic costs, especially through Gross Domestic Product (GDP). We use the method of Synthetic Control proposed by Abadie e Gardeazabal (2003), with the multiple treatments approach and inference procedure proposed by Cavallo et al. (2013). The results indicate negative effects on economic growth in terms of gross domestic product.*

**Keywords:** *Climate Changes; Urban and Regional Economics; Natural Disasters, Economic Growth; Synthetic Control.*

**JEL CODE:** Q54, O18, R11

## Área 10 - Economia Regional e Urbana

---

\* Professor do ICEAC/ FURG e Doutorando em Economia Aplicada no PPGEA/ESALQ/USP. E-mail: vinicius.vh@hotmail.com

† Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo - PPGEA/ESALQ- USP. E-mail: alex.almeida@usp.br

‡ Professor do Programa de Pós-Graduação em Organizações e Mercados da Universidade Federal de Pelotas - PPGOM/UFPel. E-mail: felipe.garcia.rs@gmail.com

## 1. Introdução

Em janeiro de 2011 a Região Serrana do estado do Rio de Janeiro foi atingida por uma série de enxurradas e deslizamentos que ficaram conhecidas como o maior desastre natural da história brasileira. Essa catástrofe atingiu mais de 10 municípios, causou mais de 900 mortes e deixou aproximadamente 45 mil desabrigados<sup>1</sup>. Além disso, segundo relatório do Banco Mundial (2012), houveram reflexos nos setores de infraestrutura, produtivos, sobretudo nos serviços, e sociais, através dos severos danos ao setor habitacional.

Pode-se verificar nos Anuários Brasileiros de Desastres Naturais do CENAD (2012, 2013, 2014) que frequentemente o Brasil é afetado por desastres naturais, entretanto, de modo geral, a grande maioria são caracterizados por sua repetição ano a ano e pelo seu baixo potencial de gerar impactos indesejáveis em variáveis como mortalidade e danificação de estruturas de capital físico. Diferente desse contexto emerge uma minoria catástrofes com a peculiaridade de apresentarem baixa recorrência, mas grande potencial causador de danos, como o caso do desastre natural da Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011.

Os efeitos imediatos dos desastres, face o número de óbitos, enfermos, desabrigados, danos aos capital e infraestrutura são perceptíveis. Entretanto a relação com o crescimento econômico, sobretudo nos momentos posteriores a ocorrência do evento, apesar de bastante discutida, não é um consenso na literatura. Abordagens teóricas e empíricas mostram que os desastres podem provocar efeitos heterogêneos que vão desde impactos negativos, temporários ou permanentes, até efeitos nulos ou positivos sobre o crescimento econômico (KLOMP; VALCKX, 2014; KOUSKY, 2014).

Muitas análises apresentam uma série de limitações que podem afetar consideravelmente os resultados evidenciados pela literatura e que podem contribuir para a inconclusividade dos resultados. Inicialmente, grande parte dos trabalhos ignoram os efeitos regionais dos desastres e avaliam apenas a nível de países. Além disso, em alguns casos são comparados países com diferentes níveis de desenvolvimento econômico, social e institucional, a partir de dados não comparáveis, podendo introduzir uma série de vieses, como o viés de seleção, às análises. E também, parte significativa dos trabalhos utilizam estratégias econométricas, principalmente comparações *ex-ante e ex-post*, que não permitem a inferência de relações causais, apenas correlações, entre os desastres naturais e o crescimento econômico.

Assim, o objetivo deste artigo é avaliar o impacto de um desastre natural sobre o crescimento econômico, com uma estratégia metodológica que permita superar as principais limitações citadas. Para tanto, analisa-se a nível regional, municipal, os impactos provocados pelos eventos da Região Serrana do Rio de Janeiro sobre o PIB. A análise local permite que sejam realizadas avaliações com unidades mais comparáveis, em termos de desenvolvimento econômico, social e institucional, entre si do que a abordagens agregadas, de forma a minimizar uma série de fatores de confusão não observados que não podem ser controlados confiavelmente em comparações entre países (BARONE; MOCETTI, 2014).

Emprega-se para isso, o método de controle sintético desenvolvido por Abadie e Gardeazabal (2003) com abordagem de múltiplos tratamentos proposta por Cavallo et al. (2013), que permite a construção de uma situação contrafactual ideal, que reflete a trajetória das variáveis de interesse para a região atingida, na ausência do evento. Essa metodologia tem sido utilizada para avaliação de impactos dos desastres e se mostra adequada para estudos de caso, como pode ser verificado nos trabalhos de Coffman e Noy (2012), Cavallo et al.(2013) e Ribeiro et al. (2014) e Barone e Mocetti (2014).

Os resultados encontrados indicam que o desastre natural na Região Serrana do Rio teve impactos negativos significativos sobre o crescimento econômico dos municípios afetados. Dessa forma, as evidências contribuem com a literatura que analisa os impactos sobre crescimento econômico dos desastres naturais, ao avaliar a nível regional um desastre brasileiro, algo pouco explorado pela literatura nacional, e ainda, colabora com a literatura que investiga os impactos regionais do desenvolvimento urbano e as questões estruturais advindas desse processo. Nesse sentido, tendo em vista que, segundo Freitas et al.

---

<sup>1</sup> O evento atende facilmente os critérios do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED<sup>1</sup>) que define que um dos seguintes parâmetros deve ser observado para definir um fenômeno como desastre: i) 10 ou mais óbitos; ii) 100 ou mais pessoas tenham sido afetadas; iii) declaração de estado de emergência por parte das autoridades públicas; e iv) pedido de assistência internacional.

(2012), uma série de condições, como construções irregulares e em áreas de risco e o desmatamento, contribuíram para aumentar a vulnerabilidade da região aos deslizamentos e enxurradas, bem como dinamizar os seus impactos, os resultados fornecem subsídios para a formulação de políticas públicas, a nível nacional e regional, de prevenção e minimização dos efeitos das catástrofes.

Esse artigo está estruturado a partir desta introdução, seguindo com a revisão de literatura teórica e empírica sobre os impactos dos desastres naturais sobre o crescimento econômico. Após será realizada uma caracterização da Região Serrana do Rio de Janeiro e do fenômeno climático ocorrido em janeiro de 2011. A seguir, serão descritos a estratégia empírica e os dados utilizados. Por fim, apresentam-se os resultados encontrados e as conclusões.

## 2. Revisão de literatura

Os custos econômicos associados aos desastres naturais, usualmente, dividem-se em duas categorias principais, os custos diretos e indiretos. Os primeiros, conforme Hallegatte (2014), são os efeitos instantâneos do fenômeno, motivados pela destruição física, como danos a habitações, empresas, estruturas produtivas, infraestrutura, além de impactos sobre morbidade e mortalidade, degradação ambiental, entre outros. Já os custos indiretos, são danos provocados não pelo desastre em si, mas sim, por suas consequências. Segundo Kousky (2014), nesse grupo destacam-se as perdas em função da interrupção de negócios por empresas não afetadas diretamente, efeitos multiplicadores por quedas da oferta e demanda, aumento de custos para as empresas devido à falta de mão de obra, destruição de estradas, perda de fornecedores, entre outros. Há também os efeitos negativos sobre o bem-estar das famílias, efeitos sobre a saúde, como o agravamento de doenças, e também danos indiretos ao meio ambiente.

Conforme Kousky (2014) e Hallegatte (2014), muitos estudos interessados em avaliar esses custos, utilizam para tal indicadores agregados, como o Produto Interno Bruto (PIB) e seus componentes, bem como a sua taxa de crescimento. Essa escolha se dá face a dificuldade de mensuração de alguns custos específicos, inclusive de classificação entre direto ou indireto, mas principalmente, porque tais indicadores agregados tendem a refletir ambos os tipos de perdas, de forma a capturar de forma aproximada os impactos econômicos totais<sup>2</sup>.

Dessa forma, neste estudo, o foco está em analisar o efeito de um desastre natural sobre a atividade econômica, especialmente sobre o crescimento econômico mensurado em termos do produto agregado e seus componentes. Apesar da gama de estudos sobre o assunto, não há um consenso, tanto em termos teóricos quanto empíricos, sobre a relação existente entre desastres, sobretudo os de grande escala como o desastre do Rio de Janeiro 2011, e seus canais com o crescimento econômico a nível regional.

### 2.1 Abordagem Teórica

A partir de um modelo básico de crescimento, baseado na estrutura do modelo de Solow (1956), é possível identificar algumas das diferentes relações existentes, evidenciadas pela literatura, entre os desastres naturais e seus canais com o crescimento econômico (LOAYZA et al., 2012). Ao considerar uma função de produção Cobb-Douglas o produto per capita,  $y$  em um período  $t$  é dado por

$$(1) \quad y_t = A_t k_t^\alpha h_t^\beta r_t^{1-\alpha-\beta} \quad 0 < \alpha, \beta < 1$$

em que  $A$  é o nível de tecnologia,  $k$  e  $h$  são as razões capital-trabalho físico e humano respectivamente e  $r$  a razão recursos naturais-trabalho, ambos no período  $t$ .

Para Skidmore e Toya (2002), o capital físico pode ser afetado de maneiras distintas pelos desastres naturais. Para esses autores, o risco de desastre pode ser um fator importante das decisões de investimento, de forma que quanto maior o risco, menor o retorno esperado do capital físico e menor o investimento em capital. Outro efeito negativo sobre o capital físico, conforme destacado por Fankhauser et al. (1997) e Fankhauser e Tol (2005), pode ser motivado pelos ajustes do estoque de capital, principalmente devido as

---

<sup>2</sup> Ressalta-se conforme Kousky (2014) e Hallegatte (2014) que o PIB é uma boa *proxy* para medir os efeitos totais, entretanto alguns impactos econômicos indiretos e alguns impactos em termos de bem-estar podem não ser mensurados por esta variável.

despesas emergências e preventivas. Além disso, segundo Klomp e Valckx (2014), eventos poderiam levar também ao aumento da taxa de depreciação do capital físico danificado.

Por outro lado, Skidmore e Toya (2002) apontam alguns canais, pelos quais os desastres poderiam apresentar retornos positivos sobre o investimento em capital. Por exemplo, o risco de desastre poderia motivar o aumento de investimentos em melhor infraestrutura, além de que há um aumento dos investimentos em capital devido a necessidade de reconstrução dos locais devastados. Para Klomp e Valckx (2014), em termos teóricos, desastres que afetam a redução da mão de obra, poderiam aumentar a razão capital físico por trabalhador. Portanto, conforme Popp (2006), apesar do potencial destruidor dos desastres sobre o capital físico, os impactos sobre o estoque de capital vão depender do montante de investimentos pós-desastre direcionados a recuperação da estrutura danificada.

Sobre o capital humano, os efeitos também são ambíguos. Pode-se imaginar uma redução deste capital provocado por questões de mortalidade e morbidade oriundas dos desastres naturais. Há também a fuga de capital humano devido a migração provocada pela catástrofe (KLOMP; VALCKX, 2014) e danos ao acúmulo do mesmo, face a destruição da estrutura do sistema educacional (POPP, 2006). Os efeitos positivos, conforme Skidmore e Toya (2002), podem acontecer em uma situação de substituíbilidade entre o capital físico e humano. Com maior risco de destruição do capital físico, o capital humano se tornaria mais atrativo.

Com relação a tecnologia, trabalhos como o de Kellenberg e Mobarak (2011), apontam para efeitos positivos dos desastres naturais, uma vez que a substituição do capital físico destruído por novo capital possibilita o progresso tecnológico. Entretanto, Klomp e Valckx (2014) destacam que o efeito poderia ser negativo, já que o desastre danifica estruturas de pesquisa e desenvolvimento e conforme Popp (2006) a prioridade para a reconstrução das áreas danificadas poderiam levar a retirada de recursos destinadas ao processo de pesquisa e desenvolvimento. Ainda, conforme como Kellenberg e Mobarak (2011), os benefícios de investir em tecnologia poderiam ser compensados pelas perdas de produtividade de curto prazo.

Além dos efeitos citados, Popp (2006) destaca que os desastres naturais afetam também o estoque de recursos naturais. Os impactos negativos estariam relacionados a destruição de florestas, perda de fertilidade do solo, destruição de culturas, morte de animais, poluição da água, além dos prejuízos ao ambiente natural, importante recurso para o desenvolvimento de atividades como o turismo. Porém, poderiam ocorrer benefícios associados a catástrofe ao estoque de recursos naturais, como o enriquecimento do solo após enchentes e vulcões e até mesmo o estímulo a atividade turísticas em função da curiosidade em relação ao ambiente natural atingido.

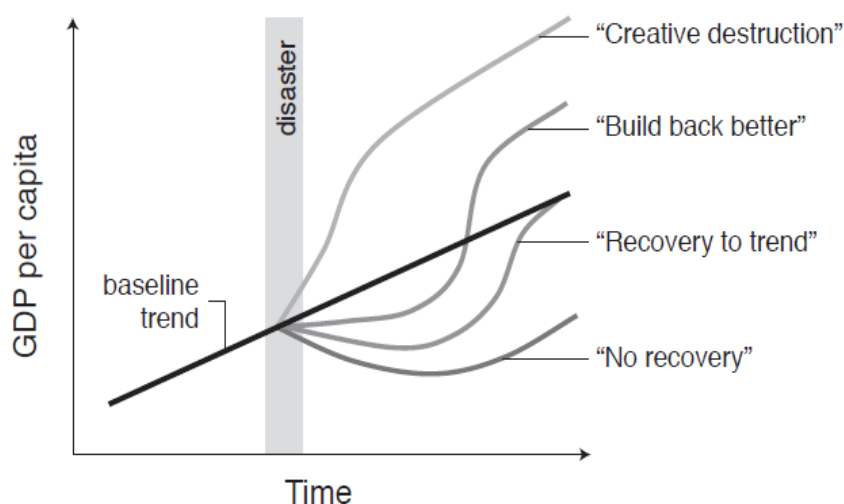
Um fator fundamental, segundo Popp (2006), para entender os impactos de um desastre natural, especialmente, sobre o capital físico, humano e a tecnologia, são os aspectos institucionais das regiões atingidas. Localidades com instituições não saudáveis, pautadas pelo excesso de entraves burocráticos e corrupção, que levam a má alocação de recursos e a tomada de decisões ineficientes, podem ter sua reestruturação prejudicada ou anulada. Nesse contexto, por exemplo, o impacto de um desastre, tende a ser negativo sobre o estoque de capital físico, já que os recursos não são destinados a substituição do capital danificado. O mesmo ocorre com relação ao capital humano, já que não há investimento na reconstrução da infraestrutura educacional, e por fim, não há estímulos a promoção e manutenção dos investimentos em novas tecnologias. Contudo, no caso de regiões com instituições consolidadas, os desastres tendem a causar menos danos ao capital físico, humano e a tecnologia ou até mesmo promover o estímulo dos mesmos.

Desta forma, percebe-se que em termos teóricos, existem várias possibilidades de resultados para relação desastres-crescimento econômico, especialmente em função das diferentes hipóteses que podem ser empregadas nos modelos sobre o comportamento das variáveis usualmente utilizadas para explicar o crescimento econômico (COFFMAN; NOY, 2012; DÖPKE; MASCHKE, 2016; POPP, 2006; SHABNAM, 2014). Conforme Cavallo et al. (2013) os modelos de crescimento neoclássicos assumem que o progresso tecnológico, determinante das taxas de crescimento de longo prazo, não é afetado pela destruição do capital físico e humano, de forma que os desastres devem causar apenas efeitos de curto prazo já que deslocam os países afetados de suas trajetórias de crescimento estacionário. Ainda segundo Cavallo et al.(2013), os modelos de crescimento endógenos levam a resultados diferentes dos primeiros, por exemplo, modelos baseados no processo de destruição inovadora de Schumpeter podem levar ao crescimento econômico em

função de choques ocasionados pelos desastres. Enquanto nos modelos de crescimento endógenos AK, os resultados dos choques negativos dependem dos retornos à escala associados ao capital. No caso de retornos constantes não há mudança da taxa de crescimento, já no caso com retornos crescente implicam em diminuição do crescimento (CAVALLO et al., 2013).

Procurando sintetizar as diversas possibilidades expressas pela literatura, estudos como os de Chhibber e Laajaj (2008) e Hsiang e Jina (2014), propõem diferentes cenários para a relação desastre natural e crescimento econômico. Apesar de os cenários não serem idênticos, eles levam a resultados parecidos, diferindo em poucos aspectos, principalmente ao que concerne aos efeitos de longo prazo.

### FIGURA 1 – Relação teórica entre crescimento econômico e desastres naturais



Fonte: Hsiang e Jina (2014).

Inicialmente, consentem que no curto-prazo, face a destruição do capital físico e humano, os desastres teriam impactos negativos. Entretanto, esse aspecto não é um consenso na literatura, estudos como de Alaba-Bertrand (1993) e Tol and Leek (1999), destacam que não necessariamente se verifique tal relação, uma vez que mesmo no curto prazo os desastres poderiam ter impactos nulos ou positivos sobre a economia.

Com relação aos impactos de longo prazo, a partir do proposto por Hsiang e Jina (2014), FIGURA 1, caracterizam-se algumas possibilidades de cenários. Inicialmente, contrário ao senso comum, os desastres naturais poderiam apresentar resultados positivos sobre o crescimento econômico. No primeiro panorama, conforme Döpke e Maschke (2016), o desastre geraria impactos positivos através de um processo de destruição criadora de Schumpeter, uma vez que o capital destruído pode ser substituído, de forma a estimular a inovação e a adoção de novas tecnologias. Entretanto, conforme Cuaresma et al. (2008), a hipótese estrita de Schumpeter só se confirmaria em casos que os desastres levassem a mudanças organizacionais que implicassem em um novo ambiente de mercado, já que a hipótese de Schumpeter está atrelada a uma dinâmica competitiva que resultaria no progresso tecnológico.

O segundo cenário com impacto positivo, *“Build-Back-Better”* ou também *“Efeito Produtividade”*, está associado a substituição de capital aniquilado, muitas vezes obsoleto, por novo capital, com melhores tecnologias e mais produtivos (CHHIBBER; LAAJAJ, 2008). Difere-se do caso anterior, com base em Cuaresma et al. (2008), pois apesar de possibilitar uma mudança tecnológica em função da catástrofe, neste caso não se leva em conta os aspectos institucionais como o que seria necessário para configurar uma mudança no sentido de Schumpeter<sup>3</sup>. Neste caso, portanto, conforme Hallegatte (2014) as perdas de capital seriam compensadas por uma maior produtividade da economia, que poderia acelerar o ritmo das mudanças tecnológicas e por consequência o crescimento econômico. A atualização do capital pode se dar de diversas formas como, para as famílias através da reconstrução de suas casas com melhores tecnologias, como as

<sup>3</sup> Apesar da distinção, conforme Cuaresma et al. (2008), entre o que seria de fato destruição criativa de Schumpeter e apenas impactos positivos *ex-post* dos desastres naturais, como a hipótese do *“Efeito Produtividade”*, na literatura usualmente impactos positivos são associados a teoria de Schumpeter. A grande maioria dos trabalhos não distinguem os tipos de efeitos positivos.

que propiciam menor consumo de energia para as empresas através da substituição de tecnologias de produção, com a adoção de sistemas informatizados modernos, e para os órgãos públicos através da possibilidade de readaptação da infraestrutura pública (HALLEGATTE, 2014).

Outro panorama possível é o retorno para a tendência original, ou seja, ausência de efeito do desastre sobre o crescimento econômico de longo prazo. Segundo Döpke e Maschke (2016) após o desastre, a economia passaria por um período de queda e voltaria para sua tendência natural. Isso ocorreria pois em função do desastre o trabalho e capital se tornariam relativamente mais escassos na região atingida, de forma a estimular a migração para tal localidade. Nesse sentido, conforme Hsiang e Jina (2014), o produto marginal do capital aumentará conforme o capital e trabalho se tornem mais escassos. Contudo com o passar do tempo e os investimentos de reconstrução a relação capital-trabalho tende a aumentar. Para Chhibber e Laajaj (2008) tal processo seria motivado pelo período de reconstrução até a economia se estabilizar nos patamares anteriores. Ainda, segundo Klomp e Valckx (2014), a economia poderia após a queda inclusive apresentar, por um período curto, um crescimento econômico superior à sua trajetória original, motivado pelo sobre investimento. Porém no longo prazo, a depreciação do capital é maior do que os investimentos de substituição, o que levaria a economia para sua trajetória de crescimento. Além disso, o pico de crescimento poderia ser ocasionado pelo grande montante de ajuda externa, que após serem suspensas, levariam a economia para seu caminho de crescimento equilibrado.

Por fim, há o cenário de impactos negativos no longo prazo, de forma que a economia não recupera sua tendência de crescimento natural. Klomp e Valckx (2014), argumentam que a relação capital trabalho se reduziria permanentemente, principalmente pelas restrições financeiras enfrentadas pelas famílias e empresas. Para Döpke e Maschke (2016), os possíveis efeitos positivos de substituição do capital não seriam capazes de superar os efeitos negativos da destruição do capital e dos bens de consumo, uma vez que os fundos que antes seriam destinados para promover novos investimentos, serão captados para recuperação da estrutura perdida. Conforme Hsiang e Jina (2014), a economia poderia até voltar a crescer após a catástrofe, entretanto, não retomaria sua trajetória natural.

## 2.2 Evidências empíricas

Tendo em vista a inconclusividade dos resultados a partir dos modelos teóricos, segundo Cavallo et al. (2013), o estudo dos impactos dos desastres naturais sobre o crescimento econômico tem sido, majoritariamente, uma questão empírica. Assim como no caso teórico, não há um consenso empírico do efeito sobre a atividade econômica proveniente dos desastres.

Diversos estudos encontram uma relação genuinamente negativa entre a ocorrência de desastres naturais e o PIB. Hallegatte e Ghill (2008) ao estudarem vários desastres naturais ocorridos na Europa, encontram através de um modelo de ciclos de negócios que os desastres naturais causam maiores danos econômicos em períodos de expansão econômica do que de recessão da economia. No mesmo sentido Hochrainer (2009) identifica impactos negativos de curto e longo prazo dos desastres a partir da análise de séries temporais de diversos desastres entre os anos de 1960 e 2005.

Ainda, no que concerne aos efeitos negativos, destacam-se os trabalhos de Felbermayr e Gröschl (2014), McDermott et al (2014) e Vu e Hammes (2010). Os dois primeiros analisam diversos desastres naturais a partir de 1979 e o terceiro investiga uma série de eventos na China entre 1995 e 2007. As estratégias metodológicas são similares, ambos utilizam estimações de dados em painel com efeitos dinâmicos. O primeiro encontra que no curto e médio prazo os desastres naturais apresentam impactos negativos no crescimento do PIB. Entretanto, países com instituições financeiras mais consolidadas que levem a um maior acesso ao crédito, têm os efeitos minimizados. Já o segundo, encontra que a magnitude do impacto negativo varia com o grau de intensidade da catástrofe ocorrida. Para o primeiro percentil, desastres mais graves, há uma queda de 6,83% no PIP *per capita*, enquanto que no quinto percentil o efeito negativo cai para 0,33%. Analogamente Vu e Hammes (2010), analisam o impacto do desastres através de sua intensidade, medida pelo número de óbitos. Os resultados indicam que desastres mais letais levam a maiores danos no PIB e na sua taxa de crescimento.

Por outro lado, poucos trabalhos encontram uma relação exclusivamente positiva entre desastres naturais e atividade econômica. Skidmore e Toya (2002), analisam uma série de desastres em diversos países entre os anos de 1960 e 1990 e verificam que altas frequências de desastres climáticos estão

relacionadas com maiores taxas de acumulação de capital humano, aumento da produtividade total dos fatores e crescimento do produto interno. Discutem ainda que o risco de desastre reduz o retorno sobre o capital físico e aumenta o retorno do capital humano, levando a um processo de substituição entre esses dois fatores. Isso decorre do fato de o capital físico ser mais estático que o humano, ficando assim mais vulnerável aos desastres.

Grande parte dos artigos encontram resultados ambíguos para relação desastres naturais e crescimento econômico. As causas disso vão desde as características dos países afetados, como o nível de desenvolvimento, a qualidade institucional e a forma de resposta ao desastre, até especificidades do evento ocorrido, como o grau de intensidade e a tipologia. Diversos trabalhos apontam que os impactos variam conforme o nível de desenvolvimento dos países. Em países pouco desenvolvidos ou em desenvolvimento os desastres causam efeitos negativos, ao passo que em países desenvolvidos os efeitos são minimizados ou até mesmo positivos (BERLEMANN; WENZEL, 2018; FOMBY et al., 2013; LOAYZA et al., 2012; NOY, 2009).

A qualidade institucional é um fator relevante para determinar o resultado das catástrofes sobre uma região, segundo Barone e Mocetti (2014). Os autores verificam, por meio do método de controle sintético aplicado a duas catástrofes ocorridas em 1976 e 1980 em duas regiões da Itália, que na localidade com boas instituições o desastre provocou crescimento do PIB, enquanto que na região com más instituições o resultado foi negativo. Isso ocorre, pois, o montante de recursos para ajuda financeira é fundamental para o período de reconstrução e recuperação pós desastre. Localidades com instituições saudáveis aumentam a resiliência e melhoram a administração das verbas destinadas a recuperação. Já em regiões com instituições frágeis, com maiores índices de corrupção, menor engajamento cívico e pior administração, há maior possibilidade de alocação ineficiente dos recursos, implicando em um resultado negativo sobre a atividade econômica, deteriorando ainda mais a qualidade institucional (BARONE; MOCETTI, 2014).

Além dos impactos negativos e positivos, algumas pesquisas apontam para a não existência de efeitos dos desastres naturais sobre o crescimento do PIB. Albala-Bertrand (1993) analisa 28 desastres naturais em 26 países entre 1960-1979 e conclui que é pouco provável a existência de efeitos importantes sobre o crescimento. Nesse sentido Cavallo et al. (2013) buscam analisar os efeitos de curto e longo prazo dos desastres naturais sobre a renda. Aplicando o método de controle sintético, com dados do EM-DAT (*The International Disasters Database – CRED*), para o período de 1970 a 2008, as evidências obtidas apontam para não existência de impacto do desastre sobre a renda, ao menos que este, seja seguido por uma revolução política, como nos casos do Irã e da Nicarágua nos anos 70. Resultado semelhante é encontrado por Döpke e Maschke (2016) por meio da aplicação do modelo de diferenças em diferenças a um painel de desastres nos anos de 2008 e 2009, os autores não encontram relação causal com o *PIB per capita*.

Por fim, com referência a literatura nacional, poucos são os artigos que buscam analisar o impacto econômico, sobretudo no PIB, dos desastres naturais no país. Cabe ressaltar o trabalho de Ribeiro et al. (2014), que procura mensurar o impacto econômico das chuvas ocorridas em 2008 em Santa Catarina. Por meio do método de controle sintético, os autores encontram indícios de que a produção industrial do estado seria 5.13% maior, caso não tivessem ocorrido às chuvas. Outra pesquisa é de Haddad e Teixeira (2015), que buscam avaliar o impacto dos alagamentos em São Paulo, por meio de um modelo de equilíbrio geral computável. Os resultados apontam para a redução do crescimento econômico da cidade e do bem-estar da população, além de reduzir a competitividade com relação ao mercado interno e externo.

### **3. A Região Serrana do Rio de Janeiro e o desastre de 2011**

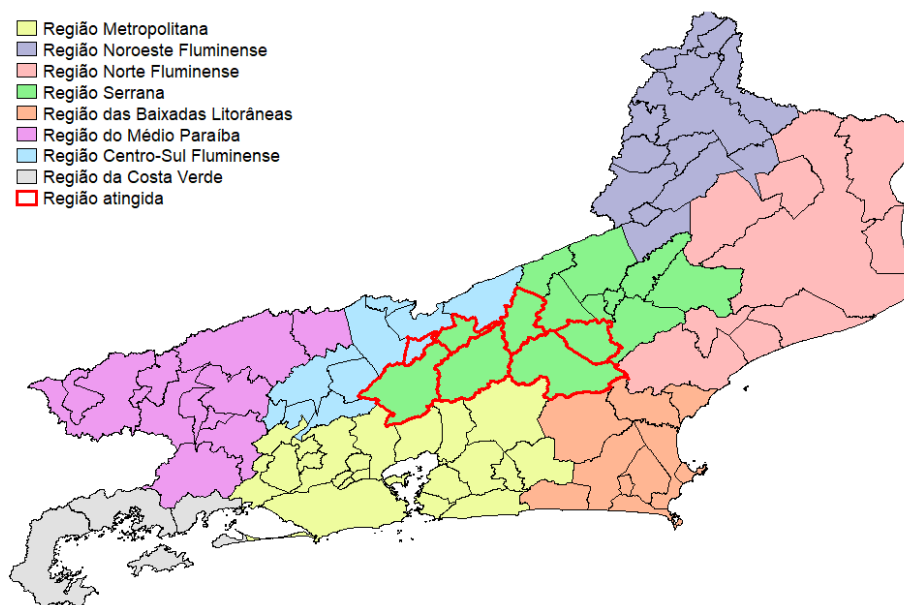
Nos dias 11 e 12 de janeiro de 2011, o estado do Rio de Janeiro foi atingida por uma série de inundações e deslizamentos, que configuraram, para muitos, o maior desastre natural brasileiro. Segundo o CENAD (2012) no Anuário Brasileiro de Desastres Naturais:2011, este evento causou mais de 900 mortes e deixou mais de 45 mil pessoas desalojadas e desabrigadas.

O estado é dividido em oito regiões administrativas, conforme classificação do Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Público do Rio de Janeiro (CEPERJ), e destas regiões a

denominada Região Serrana foi a mais atingida pelo desastre<sup>4</sup>. Os municípios afetados pelas inundações e deslizamentos, que decretaram estado de calamidade pública (FIGURA 2), foram: Areal, Bom Jardim, Nova Friburgo, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Petrópolis, Teresópolis.

Destes municípios, com exceção do Município de Areal que se localiza na região administrativa Centro-Sul Fluminense, todos pertencem a Região Serrana do Rio de Janeiro. Ainda, segundo o Banco Mundial (2012), houveram reflexos também em outros municípios que não decretaram estado de calamidade pública, como os municípios de Santa Maria Madalena, Sapucaia, Paraíba do Sul, São Sebastião do Alto, Três Rios, Macuco e Cantagalo<sup>5</sup>.

**FIGURA 2 – Mapa com divisão política-administrativa do Rio de Janeiro e região atingida pelo desastre de 2011**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: A região atingida é composta pelos municípios que decretaram estado de calamidade pública.

A população somada dos municípios afetados em 2010 era de 713.652 habitantes distribuídos em 3.611 km<sup>2</sup>, concentrados principalmente, com exceção dos municípios de São José do Vale do Rio e Preto e Sumidouro, na zona urbana. Destacam-se os municípios de Petrópolis, Nova Friburgo e Teresópolis, que compõe os principais centros urbanos da região. Esses municípios são preponderantes tanto em termos populacionais e territoriais, quanto em termos de desenvolvimento humano, de forma que apresentam maiores valores para o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM e para a renda *per capita*.

Um aspecto dos municípios que é pertinente quando estudados eventos como deslizamentos e enxurradas e seus efeitos sobre a população, como número de afetados e mortalidade, é a densidade demográfica (CENAD, 2013; CEPED, 2012; TOMINAGA et al., 2009). Os municípios que concentraram o maior número de óbitos são os que apresentam maior densidade demográfica (habitantes/km<sup>2</sup>), com valores de aproximadamente 372 hab/km<sup>2</sup> em Petrópolis, 215 hab/km<sup>2</sup> em Teresópolis e 195 hab/km<sup>2</sup> em Nova Friburgo.

Com relação as características econômicas dos municípios que declararam estado de emergência, a participação destes no PIB estadual é baixa, em torno de 3,2% no ano de. Neste mesmo ano, a participação

<sup>4</sup> Cabe salientar que a divisão político-administrativa do estado, não está em consonância com a classificação de mesorregiões adotada pelo Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia (IBGE). Em tal classificação, não há a área Região Serrana, que é compreendida pelas regiões Centro Fluminense e Metropolitana do Rio de Janeiro.

<sup>5</sup> Serão avaliados neste trabalho apenas os municípios que decretaram estado de calamidade pública, uma vez que conforme relatório de danos do Banco Mundial (2012) o centro do desastre natural e a gravidade do mesmo, concentrou-se prioritariamente nessas cidades.



destes municípios no Valor Adicionado da Agricultura estadual foi de 22%, no Valor Adicionado da Indústria 2,8%, e nos Serviços 3,2%. Apesar disso, quando analisada a estrutura econômica de cada município, percebe-se que estes têm suas atividades econômicas voltadas para o setor de serviços. Em municípios como Areal, Nova Friburgo, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto e Teresópolis, o Valor Adicionado do Setor de Serviços corresponde a mais de 40% do PIB municipal, tomando como base o ano de 2010. Difere deste padrão o município de Sumidouro, em que o PIB Municipal foi composto aproximadamente por 30% do Valor Adicionado a Agricultura e 35% do Valor Adicionado a Administração Pública.

Ao se analisar os efeitos da calamidade nos municípios mais impactados pelo desastre, com base nos dados do relatório do Banco Mundial (2012) e dados da Defesa Civil (TABELA 1), verifica-se que as cidades de Nova Friburgo, Teresópolis, Petrópolis e São José do Vale Rio Preto tiveram o maior número de afetados, respondendo por aproximadamente 82% dos atingidos. Quando considerado o número de óbitos destacam-se Nova Friburgo e Teresópolis, aliados a Petrópolis, que conjuntamente concentraram mais de 95% dos óbitos registrados em decorrência do desastre.

**TABELA 1 – Informações do desastre para os municípios que decretaram estado de calamidade pública**

		% da Pop.		% da Pop.		
	Desabrigados	Desabrigada	Desalojados	Desalojada	Óbitos	População
<b>Areal</b>	1469	12%	1031	8%	-	11540
<b>Bom jardim</b>	632	2%	1186	4.7%	-	25539
<b>Nova Friburgo</b>	3800	2%	4500	2.5%	420	182748
<b>Teresópolis</b>	6727	4%	9110	5.5%	355	165716
<b>São José do Vale do Rio Preto</b>	790	3%	-	-	-	20398
<b>Sumidouro</b>	240	1.6%	311	2%	22	14956
<b>Petrópolis</b>	2800	0.9%	6341	2.2%	68	296565
<b>Total</b>	16458	2.3%	22479	3.2%	865	717462

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Banco Mundial (2012) e IBGE.

Segundo dados do Banco Mundial (2012), os efeitos da catástrofe ficaram concentrados em três grandes setores: habitação, infraestrutura e produtivo. Com relação ao primeiro, foram destruídas aproximadamente 8000 residências e danificadas mais de 5600, gerando uma demanda por unidades habitacionais de 7600 casas. Os municípios de Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, concentram 89% das perdas e danos e conseqüentemente foram os maiores demandantes de unidades habitacionais. Ressalta-se, entretanto, que os municípios de Areal, Sumidouro e Bom Jardim, tiveram proporcionalmente, em relação ao total de imóveis do município, mais unidades danificadas e perdidas.

No que concerne ao setor de infraestrutura, dados do Banco Mundial (2012) mostram que cinco rodovias estaduais foram afetadas, com a destruição de 340 quilômetros e 1600 quilômetros danificados. Houveram também danos a pavimentação de vias urbana e a destruição e danificação de aproximadamente 130 pontes, pontilhões ou passagens molhadas. A parte de infraestrutura de água e saneamento também foi impactada, de forma que foram atingidas nove estações de tratamento de água, mais de 87500 metros da rede de distribuição água e 39600 metros da rede de esgoto. Além desses, foram verificados prejuízos em outros setores como o de energia, com danos a diversas subestações e também a rede elétrica.

Já com relação ao setor produtivo os dados do Banco Mundial (2012) indicam que no setor agrícola houve a degradação de aproximadamente 5000 hectares de lavouras e pastagens, perdas de equipamentos agrícolas, como tratores e equipamentos de irrigação, destruição de galpões, câmaras frigoríficas, laboratórios, estufas, entre outros. No setor industrial, 38% das empresas sofreram alagamentos em seu entorno e 21% tiveram seus pátios alagados. Porém, os danos no setor industrial são oriundos principalmente de aspectos indiretos, como a ausência da mão de obra e pelas perdas em função da danificação da infraestrutura básica. Por fim, o setor de serviços foi o mais impactado pela catástrofe, tendo

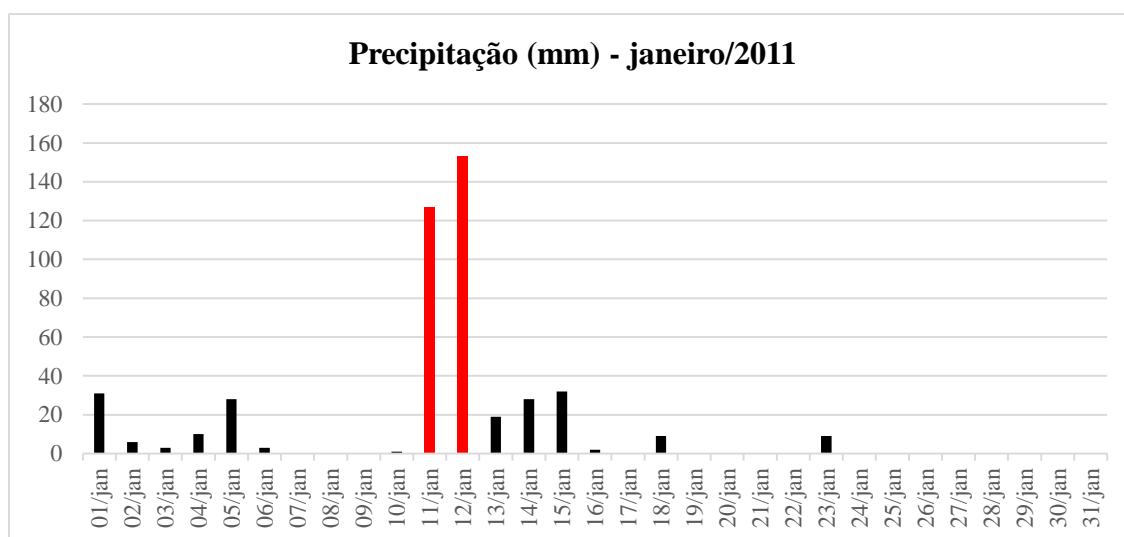
em vista que 84% dos estabelecimentos do setor foram afetados direta ou indiretamente, sendo que duas semanas após a catástrofe mais 550 estabelecimentos ainda estavam com suas atividades paralisadas.

No que concerne as características e tipologia dos eventos ocorridos, tem-se que o desastre foi ocasionado a partir da Zona de Convergência do Atlântico Sul, associado a ocorrência de um grande volume de chuvas em um pequeno período de tempo, entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011, somados a um alto acumulado mensal de precipitação. Esse cenário desencadeou uma série em larga escala de eventos geológicos e hidrológicos, com alto potencial destruidor (CENAD, 2012).

Os diversos escorregamentos ocorridos e sua grande magnitude, levaram o Núcleo de Análises e Diagnóstico de Escorregamentos do Serviço Geológico do Rio de Janeiro (NADE/DRM) a propor uma classificação particular para estes eventos. Foram verificados deslizamentos do Tipo “Na Parroca”, Fluxos Torrenciais, Hiperconcentrados e *Drebris Flows*, Escorregamentos “Catarina” e Escorregamentos Urbanos (NADE/DRM, 2012 apud CENAD, 2012).

Com referência as condicionantes climáticas do desastre, principalmente o volume de chuvas, a Região Serrana apresenta uma pluviosidade média mensal no verão entre 200 e 250 mm. Entretanto, a partir do meio dia de 11 de janeiro de 2011, algumas estações de monitoramento climatológico, como a do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET<sup>6</sup>) em Nova Friburgo, registraram nas 24 horas subsequentes um acumulado de chuvas superior a 200 mm, superando a média de precipitação mensal. Ressalta-se que conforme Freitas et al. (2012), na Região Serrana, chuvas concentradas acima de 80mm se configuram como situação de alerta.

#### GRÁFICO 1 – Dados pluviométricos da estação do INMET de Nova Friburgo no mês de janeiro de 2011.



Fonte: Elaborado pelo autor com dados do INMET.

Somado as condicionantes ambientais e climáticas, Freitas et al. (2012), ressalta o papel da degradação ambiental e das ocupações, como determinantes da vulnerabilidade da Região Serrana às cheias e deslizamentos. Segundo este autor, a região apresenta grandes problemas relacionados a construções em áreas inadequadas, drenagem das águas, acúmulo de lixo em encostas, desmatamento e urbanização não planejada, o que contribui para o aumento da vulnerabilidade aos desastres. Além disso, se verificou uma baixa capacidade de prevenção em relação a estes tipos de eventos, já que conforme dados da Defesa Civil, a região é afetada constantemente por deslizamentos e enxurradas, apesar de os mesmos nunca terem atingido a proporção dos eventos de janeiro de 2011.

A magnitude deste desastre natural foi tamanha, que trabalhos como do Banco Mundial (2012), CENAD (2012) e Dourado et al. (2012), o denominam de “Megadesastre”. Apesar dessa denominação não seguir um padrão formal de classificação, o adjetivo se justifica face a distinção deste evento, em termos de gravidade e número de municípios afetados, em relação a outros desastres brasileiros. Segundo dados do

<sup>6</sup> Dados climatológicos disponíveis em: <http://www.inmet.gov.br>

Atlas Brasileiro de Desastres Naturais:1991 a 2012 do CEPED/UFSC (2013), no período de 1991 a 2012 foram verificadas 3448 mortes em função dos desastres naturais, desta forma, os óbitos ocasionados pelo desastre da Região Serrana do Rio de Janeiro respondem por aproximadamente 26% deste total. Quando analisado apenas o ano de 2011, conforme o CENAD (2012), houveram 1094 óbitos em todo o Brasil, de forma que o desastre da Região Serrana responde por 82% destas ocorrências.

#### 4. Estratégia empírica e dados

Conforme Hallegatte (2014), medir os impactos econômicos dos desastres naturais, como o ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011 requer cuidados metodológicos. O principal desafio está relacionado à construção de um padrão de comparação, ou seja, uma situação contrafactual, que seja adequada para avaliar o impacto do tratamento, mais especificamente o desastre em questão (GERTLER et al., 2016). Neste sentido, o ideal seria identificar a trajetória das regiões atingidas pelo evento, caso esse não tivesse ocorrido.

A identificação deste contrafactual é dificultada pela não aleatoriedade da ocorrência da catástrofe. Apesar do desastre natural depender de uma série de aleatoriedades relacionados a condições climáticas, como por exemplo, a quantidade de chuva anormal nos dias 11 e 12 de janeiro de 2011 na Região Serrana, há alguns aspectos determinísticos que influenciam a definição das regiões a serem afetadas pelo desastre. Conforme Freitas et al. (2012) a Região Serrana do Rio de Janeiro, apresenta algumas peculiaridades relacionadas a questões ambientais, políticas de urbanização e o número de áreas de risco que a torna mais vulnerável e propícia a ocorrência de desastres naturais, principalmente os relacionados a chuvas e deslizamentos.

Assim, para lidar com essa questão, denominada viés de seleção, apresenta-se como alternativa o método de Controle Sintético, proposto por Abadie e Gardezabal (2003) e Abadie et al. (2010), que se mostra adequado para avaliação de estudos de caso, em especial de eventos que gerem choques agregados, através da construção de padrões corretos de comparação. Tal método é amplamente utilizado para avaliar os impactos de diferentes desastres naturais, como deslizamentos, cheias, tornados e tsunamis, sobre diferentes dimensões socioeconômicas, como crescimento econômico, número de óbitos, incidência de doenças, mercado de trabalho, entre outras.(BARONE; MOCETTI, 2014; CAVALLO et al., 2013; COFFMAN; NOY, 2012; DUPONT; NOY, 2015; RIBEIRO et al., 2014)

Dessa forma, através do método de controle sintético, busca-se construir a trajetória da variável de interesse, neste caso o PIB municipal, para os municípios que recebem o tratamento (desastre), caso não o tivessem recebido. Essa trajetória sintética é construída a partir de variáveis correlacionadas com a variável de interesse de unidades que, em tese, não receberam o tratamento, podendo constituir uma base de comparação adequada para a avaliação do impacto.

Além disso, conforme Abadie et al.(2015) a metodologia em questão possibilita avaliar o efeito do desastre em nível local, sobre cada município atingido, mas também o efeito agregado do evento, considerando-se múltiplas unidades de tratamento, ou seja, todos os municípios atingidos pelas cheias e inundações de janeiro de 2011. As análises locais, possibilitam que sejam capturados possíveis efeitos heterogêneos dos desastres, face as especificidades econômicas, institucionais e sociais de cada município. Já a análise agregada é adotada como uma estratégia para capturar os efeitos que o desastre natural possa ter gerado a nível agregado e não apenas nos municípios atingidos.

Formalmente<sup>7</sup>, suponha que existam no Estado do Rio de Janeiro  $M + 1$  municípios, indexados por  $m$ , em que  $m = 1$  é o município tratado, ou seja, afetada pelo desastre, e de  $m = 2$  a  $m = M + 1$  são unidades de comparação que compõe o *donor pool* ou grupo das potenciais unidades de comparação, composto por municípios não atingidos pelo evento. Seja  $Y_{mt}^N$  os resultados do município  $m$  no instante  $t$  na ausência do desastre para os municípios  $m = 1, \dots, M + 1$  e para o período de  $t = 1, \dots, T$ . Seja  $T_0$  o número de períodos pré-desastre, de forma que  $1 < T_0 < T$ . Já  $Y_{mt}^I$  são os resultados para o município  $m$  nos instantes  $t$

---

<sup>7</sup> A formalização do método segue como referência Abadie e Gardezabal (2003), Abadie et al. (2010) e Abadie et al.(2015) e é realizada considerando apenas um município como tratado, ou seja, atingido pelo desastre de janeiro de 2011. Entretanto como exposto por Abadie et al.(2015), pode-se avaliar o efeito agregado do desastre considerando múltiplas unidades afetadas. Para uma explanação mais detalhada ver Cavallo et al. (2013).

posteriores a exposição de  $m$  a intervenção, ou seja, de  $T_0 + 1$  até  $T$ . Considera-se que o desastre não afeta o resultado em períodos anteriores a sua ocorrência e que as unidades não tratadas não são contaminadas pelo desastre, desta forma, para  $t \in \{1, \dots, T_0\}$  e todo  $m \in \{1, \dots, N\}$ , tem-se que  $Y_{mt}^I = Y_{mt}^N$ .

Sejam  $\alpha_{mt} = Y_{mt}^I - Y_{mt}^N$  o impacto do desastre no município  $m$  no tempo  $t$  e  $D_{mt}$  um indicador binário que indica se o município foi exposto ao desastre, ou seja,  $D_{mt} = 1$  se  $m = 1$  e  $t > T_0$  e  $D_{mt} = 0$  caso contrário. O resultado observado da variável de interesse para município  $m$  no tempo  $t$  é:

$$Y_{mt} = Y_{mt}^N + \alpha_{mt} D_{mt} \quad (2)$$

Queremos estimar  $(\alpha_{1T_0+1}, \dots, \alpha_{1T})$ . Então para  $t > T_0$ ,  $\alpha_{1t} = Y_{1t}^I - Y_{1t}^N = Y_{1t} - Y_{1t}^N$ . Observamos apenas  $Y_{1t}^I$  e como  $Y_{1t}^N$  não é observado, para encontrar  $\alpha_{1t}$ , precisamos estima-lo. Supondo que  $Y_{mt}^N$  seja dado por um modelo de fatores, definido por:

$$Y_{mt}^N = \delta_t + \theta_t Z_m + \lambda_t \mu_m + \varepsilon_{mt} \quad (3)$$

em que  $\delta_t$  é um fator comum no tempo não observado e comum entre os municípios;  $Z_m$  é um vetor ( $r \times 1$ ) de covariadas observadas;  $\theta_t$  é um vetor ( $1 \times r$ ) de parâmetros;  $\lambda_t$  é um vetor ( $1 \times F$ ) de fatores comuns não observados;  $\mu_m$  é um vetor ( $F \times 1$ ) de fatores específicos; e  $\varepsilon_{mt}$  representa choques transitórios com média zero.

Seja  $W$  um vetor de pesos ( $M \times 1$ ),  $W = (w_2, w_3, \dots, w_{M+1})'$ , com  $0 \leq w_m \leq 1$  para  $m = 2, \dots, M + 1$  e  $\sum_{m=2}^{M+1} w_m = 1$ . Cada valor  $w$  do vetor  $W$  representa um controle sintético, dado pela média ponderada dos municípios do grupo de controle. Assim, o resultado para a variável de interesse de cada controle sintético indexado por  $W$  é expresso por:

$$\sum_{m=2}^{M+1} w_m Y_{mt} = \delta_t + \theta_t \sum_{m=2}^{M+1} w_m Z_m + \lambda_t \sum_{m=2}^{M+1} w_m \mu_m + \sum_{m=2}^{M+1} w_m \varepsilon_{mt} \quad (4)$$

Se existir um  $W^* = (w_2^*, \dots, w_{M+1}^*)$  em que:

$$\sum_{m=2}^{M+1} w_m^* Y_{m1} = Y_{11}, \dots, \sum_{m=2}^{M+1} w_m^* Y_{mT_0} = Y_{1T_0} \text{ e } \sum_{m=2}^{M+1} w_m^* Z_m = Z_1 \quad (5)$$

De acordo com Abadie et al.(2010), pode ser mostrado que se  $\sum_{t=1}^{T_0} \lambda_t' \lambda_t$  é não singular:

$$Y_{1t}^N - \sum_{m=2}^{M+1} w_m^* Y_{mt} = \sum_{m=2}^{M+1} w_m^* \sum_{s=1}^{T_0} \lambda_t (\sum_{n=1}^{T_0} \lambda_n' \lambda_n)^{-1} \lambda_s' (\varepsilon_{ms} - \varepsilon_{1s}) - \sum_{m=2}^{M+1} w_m^* (\varepsilon_{mt} - \varepsilon_{1t}) \quad (6)$$

Os autores mostram ainda, que conforme aumenta o período anterior ao desastre,  $T_0$ , em relação à escala de  $\varepsilon$ , sob certas condições, o lado direito da equação (6) se aproxima de zero. Assim, o estimador do parâmetro de interesse  $\alpha_{1t}$  pode ser estimado por:

$$\hat{\alpha}_{1t} = Y_{1t}^I - \sum_{m=2}^{M+1} w_m^* Y_{mt} \quad \forall t \in \{T_0 + 1, \dots, T\} \quad (7)$$

As condições para  $W^*$  expostas na equação (5), valem em igualdade somente se  $(Y_{11}, \dots, Y_{1T_0}, Z_1')$  pertencer a combinação convexa gerada por  $(Y_{21}, \dots, Y_{2T_0}, Z_2')$ ,  $\dots$ ,  $(Y_{(M+1)1}, \dots, Y_{(M+1)T_0}, Z_{(M+1)}')$ . Entretanto, em termos práticos, dificilmente existe um  $W^*$  que satisfaça tais condições, logo são selecionadas combinações ponderadas de unidades de controle que satisfaçam as equações aproximadamente. Assim, o método consiste em buscar os pesos,  $W^*$ , que façam com que as características da trajetória sintética acompanhem ao máximo as do município atingido pelo desastre.

Seja,  $K$  um vetor ( $T_0 \times 1$ ), tal que  $K = (K_1, \dots, K_{T_0})$  representa a média ponderada dos resultados antes do desastre para todas as  $m$  unidades, isto é  $\overline{Y}_m^K = \sum_{s=1}^{T_0} K_s Y_{ms}$ . Sejam  $N$  combinações de  $K_1, \dots, K_m$ ,  $X_1 = (Z_1', \overline{Y}_1^{K1}, \dots, Y_1^{KN})$  um vetor ( $(N + 1) \times 1$ ) das características pré-desastre para a região tratada e  $X_0$  a matriz ( $(N + 1) \times M$ ) das regiões não afetadas, tais que a coluna de  $X_0$  é  $(Z_m', \overline{Y}_m^{K1}, \dots, Y_m^{KN})$ . A

diferença entre as características do período pré-desastre para a unidade tratada e para o controle sintético é dada pelo vetor  $X_1 - X_0W$ , assim, o vetor de pesos  $W^*$  é escolhido de forma a minimizar essa distância.

Formalmente, minimiza-se  $\|X_1 - X_0W\|$  sujeito a  $w_m \geq 0 \forall m \in \{2, \dots, M + 1\}$  e  $\sum_{m=2}^{M+1} w_m = 1$ . Para determinar a distância entre  $X_1$  e  $X_0W$ , Abadie et al. (2010) assumem que  $\|X_1 - X_0W\|_v = \sqrt{(X_1 - X_0W)V'(X_1 - X_0W)}$ , em que  $V$  é uma matriz  $(k \times k)$  simétrica positiva semidefinida.  $V$  é escolhido de forma que variável de interesse para o grupo sintético mais se aproxime da trajetória observada para a unidade afetada pelo desastre no período pré-intervenção. Conforme Abadie et al. (2010),  $V$  é escolhido entre as matrizes diagonais positivas semidefinidas de forma que a média quadrática do erro de previsão da variável de interesse seja minimizado no período antes do desastre.

O vetor  $W^*$ , obtido a partir da minimização, contém o peso ótimo estimado que cada um dos municípios candidatos a controle deve receber para a construção da unidade sintética, ou seja, o grupo de comparação. Alguns dos candidatos a controle podem receber peso zero devido à sua baixa capacidade em auxiliar na construção do município sintética.

Desta forma, o município sintético será o mais próximo possível da unidade afetada pelo desastre em termos da variável dependente. Uma medida de ajuste da unidade construída com a unidade tratada é a Raiz do Erro de Previsão Quadrático Médio (REPQM), que quanto mais próximo de zero, melhor é o ajuste entre as unidades.

Portanto, segundo Abadie et al.(2015) as características da unidade tratada no período pré-tratamento, podem ser melhor aproximadas por uma combinação de municípios não tratados, do que por apenas uma unidade específica. Além disso, segundo os autores, o método de controle sintético deixa clara a contribuição de cada unidade na construção do grupo de comparação, diferente de outros métodos em que o contrafactual é definido sem um critério específico. Ressalta-se ainda, que se o período de pré-tratamento for grande, como é caso do presente trabalho, havendo correspondência entre os resultados pré-intervenção, a metodologia proposta por Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie et al (2010) controla para os fatores observados, e sob a hipótese de efeitos fixos, para os não observados. Abadie et al (2015) afirmam que apenas unidades que sejam iguais em termos observados e não observados são capazes de produzir trajetórias semelhantes para a variável de interesse por longos períodos de tempo.

Destaca-se ainda, conforme Cavallo et al.(2013) que, como exposto, o efeito do desastre para uma unidade específica é denotado por  $(\hat{\alpha}_{1T_0+1}, \dots, \hat{\alpha}_{1T})$ . Mas para o estudo em questão, o caso de múltiplas unidades tratadas,  $G$ , ou seja, os diversos municípios afetados pelo desastre, o efeito médio estimado será dado por:

$$\bar{\alpha} = (\bar{\alpha}_{T_0+1}, \dots, \bar{\alpha}_T) = \frac{1}{G} \sum_{g=1}^G (\hat{\alpha}_{g,T_0+1}, \dots, \hat{\alpha}_{g,T}) \quad (8)$$

A inferência dos resultados é realizada conforme estratégia proposta por Cavallo et al. (2013), que generaliza a ideia dos testes de placebos propostas por Abadie et al. (2010). O método de inferência proposto examina se o efeito estimado é grande em relação à distribuição dos efeitos estimados para os municípios não afetados pelo desastre natural. Calcula-se então um nível de significância específico (p-valor) para o impacto estimado do desastre, definido por:

$$p - valor_l = \Pr(\hat{\alpha}_{1,l}^{PL} < \hat{\alpha}_{1,l}) = \frac{\sum_{m=2}^{M+1} I(\hat{\alpha}_{1,l}^{PL(m)} < \hat{\alpha}_{1,l})}{M} \quad (9)$$

Em que  $\hat{\alpha}_{1,l}^{PL(m)}$ , é o efeito específico do desastre quando atribui-se o tratamento a uma unidade que não foi tratada (placebo), juntamente com a unidade de fato atingida. Ao calcular  $\hat{\alpha}_{1,l}^{PL(m)}$  para cada município  $m$  do grupo de controle, pode-se caracterizar a distribuição dos efeitos de placebo e avaliar como  $\hat{\alpha}_{1,l}$  é classificada em relação a essa distribuição.

Para realizar a inferência para  $\bar{\alpha}$ , conforme Cavallo et al.(2013) é construída uma distribuição<sup>8</sup> de efeitos médios dos placebos e calculado o p-valor<sup>9</sup> para a média conforme:

$$\begin{aligned}
 p - valor_l &= \Pr\left(\frac{1}{G} \sum_{g=1}^G \hat{\alpha}_{g,l}^{PL} < \hat{\alpha}_l\right) = \frac{\sum_{m=2}^{M+1} I(\hat{\alpha}_{1,l}^{PL(m)} < \hat{\alpha}_{1,l})}{M} \\
 &= \overline{(\alpha_{g,l}^{PL} < \bar{\alpha}_l)} \\
 &= \frac{\sum_{np=1}^{N_{\overline{PL}}} I(\bar{\alpha}_l^{PL(np)} < \bar{\alpha}_l)}{N_{\overline{PL}}}
 \end{aligned} \tag{10}$$

Com intuito de medir o impacto do desastre sobre cada um dos sete municípios atingidos, bem como sobre o conjunto destes, serão realizadas comparações com uma combinação de outros municípios não afetados pelo evento. Desta forma, o *donor pool* é composto por 78 municípios, uma vez que são excluídos os municípios atingidos pelo desastre que declararam estado de calamidade pública, bem como as outras cidades citadas anteriormente, que mesmo que em menor proporção foram impactados pelas enxurradas e deslizamentos, são elas: de Santa Maria Madalena, Sapucaia, Paraíba do Sul, São Sebastião do Alto, Três Rios, Macuco e Cantagalo.

Por fim, com relação aos dados utilizados para obtenção da unidade sintética, foi construído um painel de informações municipais, anuais, para os 92 municípios do estado do Rio de Janeiro, no período de 2002 a 2015. As variáveis utilizadas foram: Produtor Interno Municipal e Valores Adicionados (IBGE); População (IBGE); Área de geográfica em km<sup>2</sup> (IBGE); Estoque de emprego formal por setores, Número de empresas por setor e remuneração média setorial (RAIS); Dados Contábeis dos Municípios, como Receitas orçamentárias municipais (FINBRA); Dados da porcentagem da população municipal de 25 anos ou mais com ensino superior completo para o ano de 2010 (IBGE); Renda per capita municipal para o ano de 2010 (IBGE).

## 5. Resultados

Os impactos das enxurradas e deslizamentos ocorridos em janeiro de 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro foram estimados, como exposto na seção de estratégia empírica, para múltiplas unidades afetadas, ou seja, de forma agregada para os municípios atingidos que declaram estado de emergência: Areal, Bom Jardim, Nova Friburgo, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Sumidouro, Teresópolis. Os outros municípios afetados, mas que não declararam estado de emergencial foram removidos do grupo de controle. Adota-se esse procedimento para que os resultados obtidos não sejam viesados, por exemplo, por uma situação de efeitos de equilíbrio geral.

Ressalta-se que os resultados foram estimados seguindo Cavallo et al. (2013) e para evitar efeitos de escala, o PIB foi normalizado em 1 para as unidades atingidas no ano imediatamente anterior a ocorrência do desastre de 2011. Conforme Cavallo et al. (2013) essa normalização é importante, pois o resultado de interesse é medido como a diferença entre a região observada e sua trajetória sintética e o tamanho desse efeito dependerá do nível do PIB. Então o mesmo efeito pode ser mais expressivo em um município mais rico que o outro.

Posto isso, as Figuras 3 e 4 apresentam os resultados do desastre natural na Região Serrana sobre o PIB dos municípios afetados. Já a Tabela 2, apresenta os pesos ótimos estimados para cada um dos controles sintéticos

<sup>8</sup> São fixadas todas as médias dos possíveis placebos por  $np = 1, \dots, N_{\overline{PL}}$ . Para uma explicação detalhada do procedimento de inferência ver Cavallo et al.(2013).

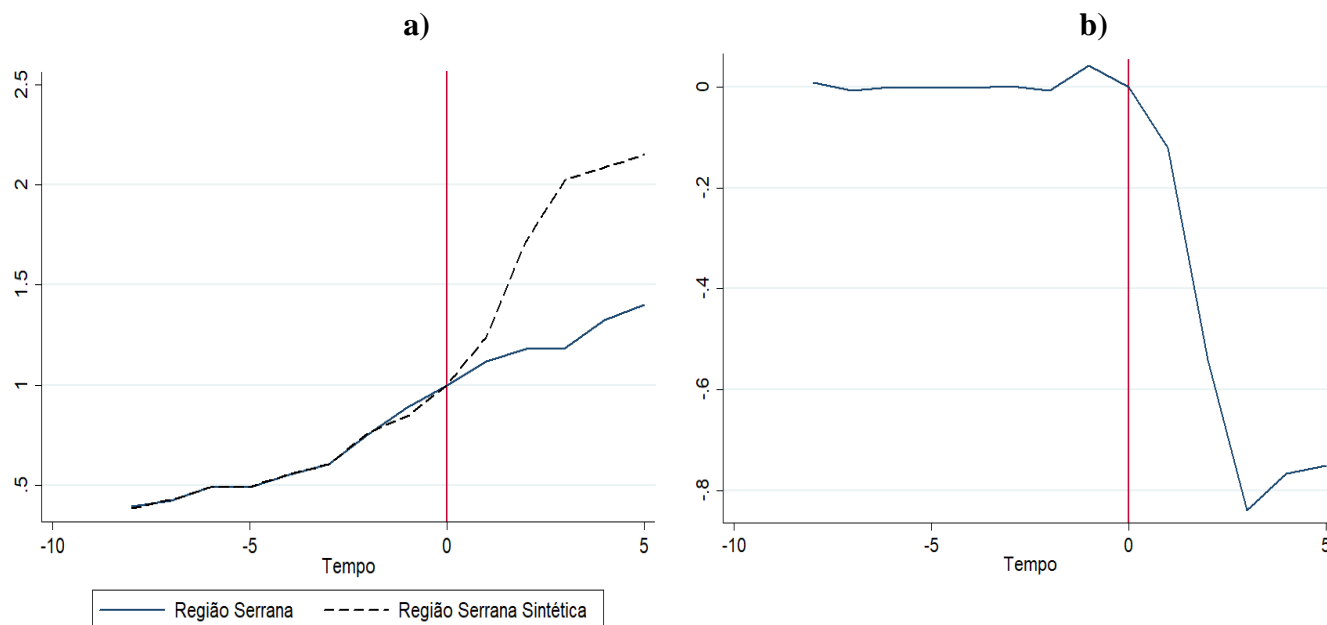
<sup>9</sup> O p-valor é avaliado aos níveis convencionais de significância.

**TABELA 2 – Municípios controle e sua participação na construção de cada unidade sintética.**

Unidade Controle	Peso ótimo estimado						
	Areal	Bom Jardim	Sumidouro	Teresópolis	Nova Friburgo	Pertrópolis	São José do Vale do Rio Petro
Aperibé	0.32						
Cabo Frio						0.12	
Cardoso Moreira			0.37				
Comendador Levy Gasparian	0.22						
Itaperuna		0.14		0.89	0.79	0.43	
Laje do Muriaé	0.32						
Niterói				0.07	0.15	0.23	
São Francisco do Itabapoana			0.63				0.45
São José do Uba		0.71					0.28
Outros	0.14	0.15		0.04	0.06	0.22	0.27

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que no período pré-desastre, do período zero para trás na Figura 3, que a trajetória sintética teve um bom ajuste em relação ao que foi de fato observado. Satisfazendo assim, a hipótese central de identificação do método de controle sintético, que exige que a trajetória sintética no período pré-tratamento esteja bem ajustada a observada. Percebe-se também por meio da Figura 3 (a), que exatamente na data de ocorrência do desastre as duas trajetórias se descolam, permanecendo a unidade sintética, a partir deste momento, sempre acima da trajetória observada. Na Figura 3 (b), é possível perceber, portanto, o efeito negativo do desastre natural no PIB da região afetada. Desta forma, é possível inferir que na ausência do desastre natural, a trajetória do PIB da Região Serrana teria sido superior ao que de fato se concretizou.

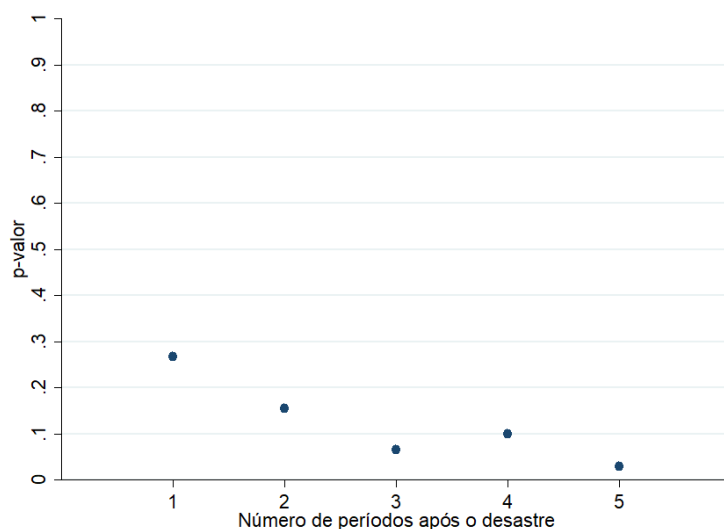
**FIGURA 3 – (a) Trajetória do PIB para a região atingida pelo desastre e sua contrapartida sintética; (b) Efeito do desastre no PIB**

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação à magnitude dos efeitos, verifica-se que no primeiro ano do desastre houve um impacto negativo de aproximadamente de 1% no PIB. Já no segundo ano o efeito, negativo, aumenta para 2%, chegando a 8% no terceiro ano. Após, no quarto e quinto ano, o efeito se estabiliza com uma tendência de

queda nas diferenças entre a unidade observada e a sintética. Fica evidente também, a partir da Figura 4, que os impactos são estatisticamente significativos<sup>10</sup> a aproximadamente 10% em ao menos três dos períodos após a ocorrência do desastre.

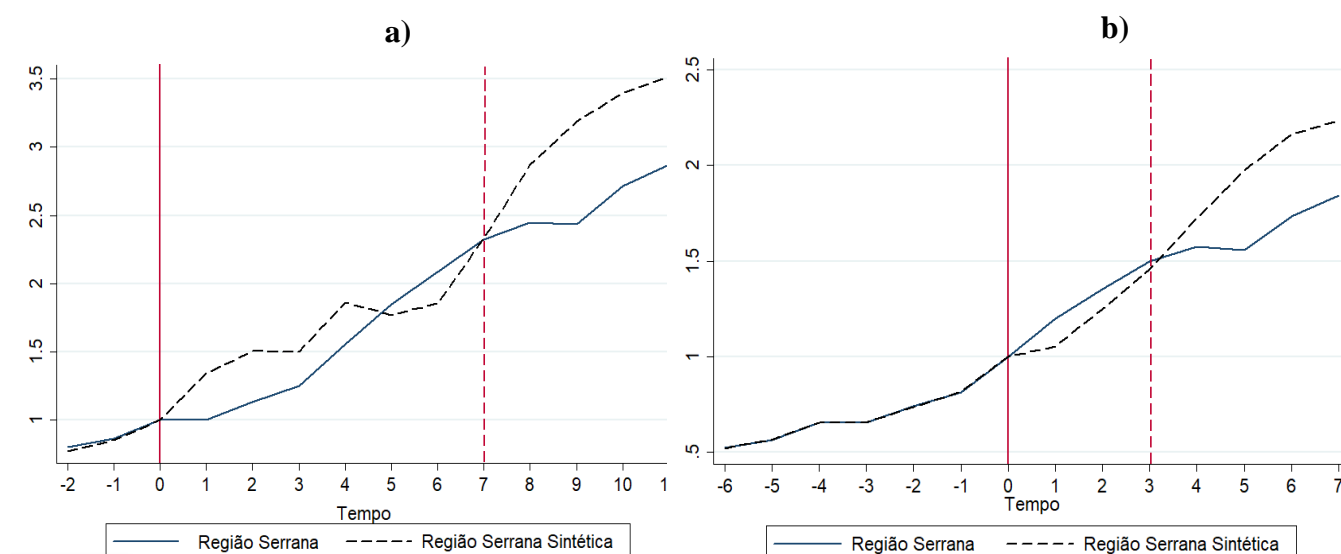
**FIGURA 4 – Resultado do teste de inferência do impacto no PIB.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para verificar a validade dos resultados, Abadie et al. (2010, 2015) sugerem a aplicação de testes de robustez. Assim, aplica-se novamente o método alterando o momento de ocorrência do desastre, ou seja, um teste de placebo temporal. Conforme a Figura 5 é possível verificar que mesmo quando modificada a data de ocorrência do desastre para o ano de 2005 e para o ano de 2009, as trajetórias permanecem com as mesmas tendências, deslocando-se uma da outra apenas após o ano de 2011. Na Figura 5 – (a), o tempo 1 equivale ao ano de 2005, primeiro período de tratamento, e o período 7, equivale ao ano de 2011. Já para a Figura 5 – (b), tempo 1 equivale ao ano de 2009, período inicial de tratamento, e o tempo 3 equivale ao ano de 2011.

**FIGURA 5 – Testes dos placebos temporais: (a) Supondo desastre em 2005; (b) Supondo desastre em 2009.**



Fonte: Elaborado pelo autor.

<sup>10</sup> Conforme sugerido por Abadie et al. (2010) para o teste de inferência foram utilizados apenas os placebos com REPQM até duas vezes o da unidade tratada.



Portanto, no caso do desastre da Região Serrana do Rio de Janeiro em 2011, uma análise a nível regional, há indícios de resultados negativos do crescimento econômico em função de um desastre natural. Esse resultado corrobora com literatura que indica resultados negativos de desastres na atividade econômica (DÖPKE; MASCHKE, 2016; FELBERMAYR; GRÖSCHL, 2014; HALLEGATTE; GHIL, 2008; HOCHRAINER, 2009; MCDERMOTT; BARRY; TOL, 2014; VU; HAMMES, 2010). Em relação as possibilidade teóricas de efeito sugeridas por de Chhibber e Laajaj (2008) e Hsiang e Jina (2014), o resultado encontrado parece apontar para o cenário de “*recovery to trend*”, uma vez que, nos últimos dois períodos o efeito se tornou menor, com uma diminuição da diferença entre a trajetória observada e a unidade sintética.

## 6. Conclusões

O objetivo deste artigo foi examinar a relação existente entre desastres naturais e o crescimento econômico, através da catástrofe ocorrida na Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011. Esse desastre foi considerado, devido as suas proporções em termos de atingidos e do número de óbitos, o maior desastre natural brasileiro.

Conforme Hallegatte (2014), uma das grandes dificuldades de mensuração dos custos dos desastres naturais, está associado à criação de um padrão de comparação correto, ou seja, de um contrafactual que permita a estimação de efeitos causais. Posto isso, esse trabalho empregou a metodologia de controle sintético proposta por Abadie e Gardeazabal (2003), com a abordagem de múltiplos tratamentos proposta por Cavallo et al. (2013). Essa metodologia se mostra adequada para o estudo dos desastres naturais, principalmente para estudos de caso, como o desastre da Região Serrana do Rio.

Como visto, há evidência de impactos negativos dos desastres naturais sobre o crescimento econômico da região atingida, medido através do Produto Interno Bruto. Impactos semelhantes são evidenciados, tanto empírica quanto teoricamente, por trabalhos como o de Cavallo e Noy (2010), Klomp e Valcx (2014) e Kousky (2014). Os resultados obtidos contribuem com a literatura, inconclusiva, que investiga os impactos dos desastres naturais sobre o crescimento econômico e também fornece novas evidências dos efeitos das catástrofes brasileiras, algo pouco explorado pela literatura nacional. Além disso, fornece indícios para a literatura de economia regional e urbana, uma vez que analisa os impactos regionais advindos de eventos climáticos. Assim, políticas que visem o planejamento do desenvolvimento urbano, devem levar em conta as fragilidades locais frente os possíveis efeitos adversos dos desastres naturais.

Cabe ressaltar, que os resultados não levam em conta os possíveis efeitos de repasses financeiros de organizações nacionais e internacionais recebidos pela região para a recuperação das áreas afetadas. Por um lado, os efeitos podem ser mais negativos do que o estimado, uma vez que os resultados podem ter sido influenciados positivamente pelo suporte econômico. Entretanto, por outro lado, como desatacadado por Popp (2006) e Barone e Mocetti (2014), regiões com más instituições podem não investir de maneira ideal os recursos dos repasses. Segundo os autores, fatores como a corrupção, tendem a prejudicar o processo de alocação eficiente. Caso semelhante a esse foi evidenciado na Região Serrana do Rio de Janeiro, em que a mídia identificou que recursos destinados a recuperação da Região Serrana do Rio de Janeiro foram desviados ilegalmente para outras atividades. Nessa situação, as evidências encontradas podem refletir a verdadeira magnitude do impacto.

Por fim, face a amplitude dos efeitos econômicos encontrados, associados aos prejuízos humanos, como o número de óbitos e pessoas desabrigadas, salienta-se a importância de políticas de prevenção aos desastres naturais. Conforme ressaltado por Freitas et al. (2012), a região Serrana do Rio de Janeiro apresentava condicionantes importantes para a ocorrência dos desastres. Possivelmente na existência de políticas preventivas tais condicionantes seriam minimizados e por consequência se evitaria, ou ao menos amenizaria, os danos causados pela catástrofe.

## Referências

- 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**, [s. l.], v. 105, n. 490, p. 493–505, 2010.
- ABADIE, Alberto; DIAMOND, Alexis; HAINMUELLER, Jens. Comparative Politics and the Synthetic Control Method. **American Journal of Political Science**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 495–510, 2015.
- ABADIE, Alberto; GARDEAZABAL, Javier. The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. **American Economic Review**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 113–132, 2003.
- ALBALA-BERTRAND, J. M. Natural disaster situations and growth: A macroeconomic model for sudden disaster impacts. **World Development**, [s. l.], v. 21, n. 9, p. 1417–1434, 1993.
- BARONE, Guglielmo; MOCETTI, Sauro. Natural disasters, growth and institutions: A tale of two earthquakes. **Journal of Urban Economics**, [s. l.], v. 84, n. Supplement C, p. 52–66, 2014.
- BERLEMANN, Michael; WENZEL, Daniela. Hurricanes, economic growth and transmission channels. **World Development**, [s. l.], v. 105, p. 231–247, 2018.
- BRASIL et al. Anuário brasileiro de desastres naturais: 2011. [s. l.], 2012.
- BRASIL et al. Anuário brasileiro de desastres naturais: 2012. [s. l.], 2013.
- BRASIL et al. Anuário brasileiro de desastres naturais: 2013. [s. l.], 2014.
- CAVALLO, Eduardo et al. Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth. **The Review of Economics and Statistics**, [s. l.], v. 95, n. 5, p. 1549–1561, 2013.
- CEPED, UFSC. Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Brasil. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres 1 a. Ed. **Florianópolis: CEPED, UFSC**, [s. l.], 2012.
- CHHIBBER, Ajay; LAAJAJ, Rachid. Disasters, Climate Change and Economic Development in Sub-Saharan Africa: Lessons and Directions. **Journal of African Economies**, [s. l.], v. 17, n. suppl\_2, p. ii7–ii49, 2008.
- COFFMAN, Makena; NOY, Ilan. Hurricane Iniki: measuring the long-term economic impact of a natural disaster using synthetic control. **Environment and Development Economics**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 187–205, 2012.
- CRESPO CUARESMA, Jesús; HLOUSKOVA, Jaroslava; OBERSTEINER, Michael. Natural Disasters as Creative Destruction? Evidence from Developing Countries. **Economic Inquiry**, [s. l.], v. 46, n. 2, p. 214–226, 2008.
- DÖPKE, Jörg; MASCHKE, Philip. Alternatives to GDP - Measuring the impact of natural disasters using panel data. **Journal of Economic and Social Measurement**, [s. l.], v. 41, n. 3, p. 265–287, 2016.
- DOURADO, Francisco; ARRAES, Thiago Coutinho; SILVA, Mariana Fernandes E. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. **Anuário do Instituto de Geociências**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 43–54, 2012.
- DUPONT, William; NOY, Ilan. What Happened to Kobe? A Reassessment of the Impact of the 1995 Earthquake in Japan. **Economic Development and Cultural Change**, [s. l.], v. 63, n. 4, p. 777–812, 2015.
- FANKHAUSER, Samuel; S.J. TOL, Richard. On climate change and economic growth. **Resource and Energy Economics**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 1–17, 2005.
- FANKHAUSER, Samuel; TOL, Richard S. J.; PEARCE, David W. The Aggregation of Climate Change Damages: a Welfare Theoretic Approach. **Environmental and Resource Economics**, [s. l.], v. 10, n. 3, p. 249–266, 1997.

- FELBERMAYR, Gabriel; GRÖSCHL, Jasmin. Naturally negative: The growth effects of natural disasters. **Journal of Development Economics**, [s. l.], v. 111, p. 92–106, 2014.
- FOMBY, Thomas; IKEDA, Yuki; LOAYZA, Norman V. The Growth Aftermath of Natural Disasters. **Journal of Applied Econometrics**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 412–434, 2013.
- FREITAS, Carlos Machado De et al. Socio-environmental vulnerability, disaster risk-reduction and resilience-building: lessons from the earthquake in Haiti and torrential rains in the mountain range close to Rio de Janeiro in Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 1577–1586, 2012.
- GERTLER, Paul J. et al. **Impact evaluation in practice**. [s.l.] : World Bank Publications, 2016.
- HADDAD, Eduardo Amaral; TEIXEIRA, Eliane. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. **Habitat International**, Special Issue: Exploratory Spatial Analysis of Urban Habitats. [s. l.], v. 45, n. Part 2, Special Issue: Exploratory Spatial Analysis of Urban Habitats, p. 106–113, 2015.
- HALLEGATTE, Stéphane. **Natural disasters and climate change. An Economic Perspective**. [s.l.] : Springer, 2014.
- HALLEGATTE, Stéphane; GHIL, Michael. Natural disasters impacting a macroeconomic model with endogenous dynamics. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 582–592, 2008.
- HOCHRAINER, Stefan. **Assessing the macroeconomic impacts of natural disasters : are there any ?** [s.l.] : The World Bank, 2009. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/684891468176993293/Assessing-the-macroeconomic-impacts-of-natural-disasters-are-there-any>>. Acesso em: 12 mar. 2018.
- HSIANG, Solomon M.; JINA, Amir S. **The Causal Effect of Environmental Catastrophe on Long-Run Economic Growth: Evidence From 6,700 Cyclones**. [s.l.] : National Bureau of Economic Research, 2014. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w20352>>. Acesso em: 19 out. 2017.
- KELLENBERG, Derek; MOBARAK, A. Mushfiq. The Economics of Natural Disasters. **Annual Review of Resource Economics**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 297–312, 2011.
- KLOMP, Jeroen; VALCKX, Kay. Natural disasters and economic growth: A meta-analysis. **Global Environmental Change**, [s. l.], v. 26, n. Supplement C, p. 183–195, 2014.
- KOUSKY, Carolyn. Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. **Energy Economics**, [s. l.], v. 46, n. Supplement C, p. 576–592, 2014.
- LOAYZA, Norman V. et al. Natural Disasters and Growth: Going Beyond the Averages. **World Development**, [s. l.], v. 40, n. 7, p. 1317–1336, 2012.
- MCDERMOTT, Thomas K. J.; BARRY, Frank; TOL, Richard S. J. Disasters and development: natural disasters, credit constraints, and economic growth. **Oxford Economic Papers**, [s. l.], v. 66, n. 3, p. 750–773, 2014.
- MUNDIAL, Banco. Avaliação de perdas e danos: inundações e deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro-Janeiro de 2011. **Relatório elaborado pelo Banco Mundial com apoio do Governo do Estado do Rio de Janeiro. Brasília**, [s. l.], 2012.
- NOY, Ilan. The macroeconomic consequences of disasters. **Journal of Development Economics**, [s. l.], v. 88, n. 2, p. 221–231, 2009.
- POPP, Aaron. The effects of natural disasters on long run growth. **Major Themes in Economics**, [s. l.], v. 1, p. 61–81, 2006.
- RIBEIRO, Felipe Garcia et al. O Impacto Econômico dos Desastres Naturais: O Caso das Chuvas de 2008 em Santa Catarina. **Planejamento e Políticas Públicas**, [s. l.], v. 0, n. 43, 2014. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/470>>. Acesso em: 19 out. 2017.

SHABNAM, Nourin. Natural Disasters and Economic Growth: A Review. **International Journal of Disaster Risk Science**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 157–163, 2014.

SKIDMORE, Mark; TOYA, Hideki. Do Natural Disasters Promote Long-Run Growth? **Economic Inquiry**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 664–687, 2002.

SOLOW, Robert M. A Contribution to the Theory of Economic Growth. **The Quarterly Journal of Economics**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 65–94, 1956.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; DO AMARAL, Rosangela. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. [s.l.] : Instituto geológico, 2009.

VU, Tam Bang; HAMMES, David. Dustbowls and high water, the economic impact of natural disasters in China. **Asia-Pacific Journal of Social Sciences**, [s. l.], v. 1, p. 122–132, 2010.