

Impactos Econômicos de Desastres Naturais nos Municípios Brasileiros e a Focalização do Programa BNDES PER

ANPEC- 48º Encontro Nacional de Economia

Área 11 – Economia Agrícola e do Meio Ambiente

Ricardo Agostini Martini¹ (BNDES)
Maria Eduarda Campello Gallo² (BNDES)

Resumo: Observando dados municipais de 2008 a 2017, o presente trabalho adotou uma análise em duas etapas. Em primeiro lugar, procurou avaliar o impacto sistemático dos desastres naturais sobre a atividade econômica e arrecadação de impostos nos municípios brasileiros, com o uso da metodologia do controle sintético. Em segundo lugar, procurou estimar a probabilidade de um município ser beneficiado pelo Programa BNDES Emergencial de Reconstrução de Municípios Afetados por Desastres Naturais (BNDES PER) com base na magnitude dos efeitos dos desastres naturais calculados no exercício anterior. Com isso, procura-se verificar a hipótese de que o programa atinge os municípios mais afetados pelos desastres. A análise baseada no controle sintético observou que os desastres naturais impactaram negativamente o PIB per capita da maior parte dos municípios afetados, com efeitos prolongados em até três anos após os eventos. Por outro lado, o BNDES PER foi capaz de atingir os municípios mais intensamente impactados pelos desastres.

Palavras-chave: Desastres Naturais, Avaliação de Impacto, Controle Sintético

Classificação JEL: C23, Q54, R51

Abstract: Observing municipal data from 2008 to 2017, the present work adopted an analysis in two stages. First, it sought to assess the systematic impact of natural disasters on economic activity and tax collection in Brazilian municipalities, using the synthetic control methodology. Second, it sought to estimate the probability of a municipality benefiting from the *Programa BNDES Emergencial de Reconstrução de Municípios Afetados por Desastres Naturais* (BNDES PER) based on the magnitude of the effects of natural disasters calculated in the previous analysis. With this, we try to verify the hypothesis that the program reaches the municipalities most affected by disasters. The analysis based on synthetic control observed that natural disasters had a negative impact on the GDP per capita of most affected municipalities, with effects lasting up to three years after the events. On the other hand, BNDES PER was able to reach the municipalities most intensely impacted by disasters.

Keywords: Natural Disasters, Impact Evaluation, Synthetic Control Methods

Classificação JEL: C23, Q54, R51

¹ Economista do BNDES. Mestre em Economia pelo CEDEPLAR/UFMG.

² Estagiária do BNDES. Graduada em Estatística pela Escola Nacional de Ciências Estatísticas.

1. Introdução

Desastres naturais são eventos originários de fenômenos naturais, como climáticos ou geológicos, que provocam perturbação no funcionamento de um sistema econômico, com impacto significativo sobre a sua produção, renda, empregos e consumo (HALLEGATTE E PRZYLUSKI, 2010). Nas últimas décadas, uma literatura internacional crescente vem investigando esse tema, tanto do ponto de vista teórico como do ponto de vista empírico (KOUSKY, 2013). As evidências até agora levantadas indicam que os impactos econômicos de catástrofes naturais são negativos no curto prazo, devido aos custos diretos e indiretos a elas associados. Todavia, no longo prazo, as evidências são mais ambíguas, sendo que há um papel importante para a qualidade das instituições, o nível de desenvolvimento e a educação na minimização de efeitos adversos para as economias afetadas (TOYA E SKIDMORE, 2005; NOY, 2007; LOYAZA ET AL, 2009). Além disso, há papel relevante para fluxos financeiros de ajuda como esforço de mitigar os impactos, sobretudo em economias de menor desenvolvimento (YANG, 2008).

No Brasil, a literatura levantada indica invariavelmente que os desastres naturais causam impactos negativos nas economias afetadas (HADDAD E TEIXEIRA, 2014; RIBEIRO ET AL, 2014; OLIVEIRA, 2017; SIMONATO, 2017; HALMENSCHLAGER ET AL, 2018; CASTRO E ALMEIDA, 2019). Contudo, todos esses estudos focalizam casos específicos de catástrofes. Isto é, sente-se falta de um estudo que enfoque os impactos da totalidade dos desastres naturais no país. Portanto, o presente trabalho tem o objetivo de preencher essa lacuna. Para isso, adotou uma análise em duas etapas. Em primeiro lugar, procurou avaliar o impacto dos desastres naturais (enchentes, chuvas, inundações ou enxurradas) sobre a atividade econômica (PIB, PIB per capita, emprego, massa salarial) e arrecadação de impostos municipais (total, IPTU e ISS). Para isso, foi utilizada a metodologia de controle sintético, que é apropriada para estudos de caso com poucas unidades tratadas. Em segundo lugar, procurou estimar a probabilidade de um município ser beneficiado pelo Programa BNDES Emergencial de Reconstrução de Municípios Afetados por Desastres Naturais (BNDES PER) com base na magnitude dos efeitos dos desastres naturais calculados no exercício anterior. Com isso, procura-se verificar a hipótese de que o programa atinge os municípios mais afetados pelos desastres. O BNDES PER teve o objetivo de apoiar a retomada da atividade econômica nas localidades afetadas por eventos causadores de emergências ou calamidades. Para isso, o programa ofereceu financiamentos para capital de giro e projetos de investimento para empresas, empresários individuais e produtores rurais localizados nesses municípios.

O estudo aqui realizado utilizou uma base de dados municipais com informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que contém informações sobre o produto interno bruto (PIB) e o produto interno bruto per capita dos municípios. Além disso, a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) forneceu informações sobre pessoas empregadas e massa salarial. Também se obteve informações sobre a declaração de estados de emergência e de calamidade no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, do Ministério do Desenvolvimento Regional, assim como sobre transferências da União para municípios por motivo de respostas a desastres e sobre o número de mortes por exposição a forças da natureza por município, de acordo com o Datasus. Essa base foi cruzada com informações sobre as operações do BNDES PER agregadas por município e ano, no período 2008-2017. A análise observou que os desastres naturais impactaram negativamente o PIB per capita da maior parte dos municípios afetados, com efeitos prolongados em até três anos após os eventos. Por outro lado, o BNDES PER foi capaz de atingir os municípios mais intensamente impactados.

O trabalho está organizado da seguinte maneira. Essa introdução é seguida por uma revisão bibliográfica teórica e empírica sobre a economia dos desastres naturais, levantando não apenas evidências internacionais, como também de casos específicos no Brasil. Após isso, é apresentado o programa BNDES PER. Em seguida, são apresentadas a base de dados e a metodologia de análise, isto é, o controle sintético e os métodos de regressão logística e de efeitos fixos. Os resultados das duas etapas de análise vêm a seguir. Por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho e possíveis desdobramentos futuros da linha de pesquisa.

2. A Economia dos Desastres Naturais

A definição mais comum na bibliografia internacional sobre o que é um desastre natural é dada pelo CRED (*Centre for Research on the Epidemiology of Disasters*), da Universidade Católica de Louvain, na Bélgica³. Segundo essa definição, um desastre natural é um evento da natureza que atende pelo menos um dos quatro critérios a seguir: i) dez ou mais pessoas tenham morrido em decorrência do fenômeno; ii) no mínimo cem pessoas tenham sido afetadas pelo mesmo; iii) o fenômeno provocou a declaração de estado de emergência ou calamidade pública por parte das autoridades; iv) houve pedido de assistência internacional. Do ponto de vista econômico, um desastre natural pode ser compreendido como um evento natural que provoca uma perturbação no funcionamento de um sistema econômico, com impacto significativo sobre ativos, fatores de produção, renda, produção, emprego ou consumo (HALLEGATTE E PRZYLUSKI, 2010).

A literatura costuma dividir os impactos econômicos de desastres naturais entre aqueles de curto prazo e os de longo prazo. Os impactos de curto prazo correspondem aos efeitos imediatos dos desastres, e geralmente são negativos sobre o desempenho da economia afetada. Isso acontece porque as catástrofes provocam dois custos econômicos, os custos diretos e os custos indiretos (CAVALLO E NOY, 2010; HALLEGATTE E PRZYLUSKI, 2010; KOUSKY, 2013).

Os custos diretos são decorrentes dos efeitos instantâneos do fenômeno, incluindo custos tangíveis e intangíveis. Inclui os custos com a destruição física verificada nos danos a habitações, empresas, estruturas produtivas e infraestrutura. Para o setor agrícola, inclui os prejuízos com a perda de culturas, de criação de animais e de equipamentos das fazendas. Em relação ao setor público, incluem os custos das ações de emergência, como evacuações e resgates, assim como de limpeza de entulhos. Além disso, inclui o impacto do desastre sobre o crescimento da morbidade e da mortalidade para as pessoas afetadas. Por fim, inclui as perdas com a degradação ambiental e os danos ao patrimônio histórico e cultural da região atingida.

Os custos indiretos, por sua vez, não decorrem diretamente do desastre natural, mas sim de suas consequências. Eles se espalham em um maior período de tempo, uma maior escala espacial e uma maior diversidade de setores da economia do que o desastre inicial. Exemplos de custos indiretos são os prejuízos com a interrupção de negócios por empresas não diretamente afetadas pelo desastre, incluindo aqueles causados pela perda de seus fornecedores e pela menor disponibilidade de mão-de-obra. Além disso, inclui os efeitos multiplicadores das contrações de oferta e de demanda nos mercados. Outro custo indireto relevante é o custo de adaptação das empresas e das famílias diante da destruição da infraestrutura. Inclui também o custo de oportunidade das atividades de reconstrução e do uso de meios de produção e distribuição de qualidade inferior pelas empresas (CAVALLO E NOY, 2010). Por fim, fenômenos indiretamente relacionados ao desastre natural podem afetar o bem-estar das pessoas, as suas condições de saúde e o meio ambiente, como a poluição e os problemas de saneamento.

Em relação aos efeitos de longo prazo dos desastres naturais, a bibliografia aponta diversas possibilidades. Os impactos de longo prazo dependem do tipo de desastre natural ocorrido (POPP, 2006; LOAYZA ET AL, 2009). A bibliografia distingue pelo menos três categorias de catástrofes. Primeiro, os desastres climáticos relacionados a fenômenos atmosféricos, como enchentes e furacões. Segundo, os desastres climáticos relacionados a secas. Terceiro, os desastres geológicos, principalmente os terremotos e a atividade vulcânica.

Além disso, os efeitos de longo prazo dependem da relação dos desastres naturais com os determinantes do crescimento econômico, identificados com os fatores de produção, isto é, os estoques de capital físico, trabalho, capital humano, tecnologia e recursos naturais que a economia afetada dispõe. Em relação ao capital físico, os desastres naturais estão relacionados com destruição no momento imediato da catástrofe. Há elementos que apontam para uma relação negativa entre os desastres e o fluxo de investimentos posterior, como a elevação dos riscos percebidos pelos investidores, o direcionamento de fundos para despesas com emergências e prevenções e uma maior tendência de depreciação do capital danificado. Por outro lado, há fatores que indicam um maior fluxo de investimentos após a catástrofe, como

³ Maiores detalhes podem ser consultados em <https://www.cred.be/>.

as atividades de reconstrução da infraestrutura e do capital físico destruídos, muitas vezes financiados com recursos externos.

Em relação ao fator trabalho, os desastres naturais podem elevar os índices de mortalidade e morbidade das pessoas, assim como incentivar a emigração. Em relação ao capital humano, os desastres podem provocar os mesmos efeitos, mas para a mão-de-obra de maior qualificação. Além disso, pode haver destruição da estrutura do sistema educacional, como de escolas e universidades. Em economias pobres, a crise econômica causada pelo desastre pode levar a uma redução da frequência escolar pelas crianças, já que seus pais podem não conseguir arcar com seus custos e priorizar a renda da família por meio do trabalho infantil (POPP, 2006). Por outro lado, devido a uma relação de substituíbilidade com o capital físico, a destruição deste pela catástrofe pode elevar a demanda por mão-de-obra.

Em relação ao progresso tecnológico, os desastres naturais podem danificar estruturas de pesquisa e desenvolvimento. Além disso, as atividades de reconstrução podem absorver recursos que originalmente seriam destinados a essas atividades, desacelerando o processo de inovação. Se o desastre afetar a produtividade total dos fatores, o produto médio do capital dessa economia diminui para qualquer nível de capital por trabalhador, de modo que o crescimento econômico seja inferior ao que seria na trajetória anterior à catástrofe (LOAYZA ET AL, 2009). Por outro lado, a substituição do capital físico destruído pode ser uma oportunidade para uma atualização tecnológica pelas empresas e pelo setor público, no caso da infraestrutura. Todavia, para que a atualização tecnológica seja capaz de gerar ganhos de produtividade, é necessário que compense o impacto do desastre sobre o capital físico e capital humano da economia afetada (POPP, 2006, HALLEGATE E DUMAS, 2008).

Os desastres afetam o estoque de recursos naturais de uma economia pelo seu potencial de provocar destruição de florestas, perda de fertilidade do solo, destruição de culturas agrícolas, mortes de animais e poluição da água (POPP, 2006). A destruição permanente de recursos naturais tem efeito semelhante a um choque negativo sobre a produtividade total dos fatores de uma economia (FANKHOUSER E TOL, 2004). Por outro lado, pode haver enriquecimento do solo após enchentes e atividades vulcânicas.

Paralelamente aos efeitos sobre os determinantes do crescimento econômico, um importante fator que explica os impactos de longo prazo dos desastres naturais são as instituições (POPP, 2006). As localidades com instituições frágeis, com excesso de entraves burocráticos e corrupção podem ter seu processo de reconstrução pós-desastre prejudicado ou anulado, seja pela má alocação de recursos, seja por decisões ineficientes, ou mesmo por desvio dos recursos de ajuda externa. Por outro lado, instituições fortes reduzem riscos de crises financeiras após o desastre. Em relação ao capital humano, as instituições fortes são capazes de promover uma recuperação mais rápida da estrutura educacional, assim como a obrigatoriedade da frequência escolar e a proibição do trabalho infantil. Em relação à tecnologia, instituições fortes estão associadas à maior liberdade para a inovação e adoção de mudanças tecnológicas que promovam ganhos de produtividade.

As melhores instituições estão relacionadas com um maior desenvolvimento econômico (KELLENBERG E MOBARAK, 2011). Os países mais desenvolvidos tendem a criar condições para promover reformas institucionais, criar mercados eficientes de seguros, criar padrões para a construção civil, reduzir a corrupção e instituir sistemas de prevenção e resposta para desastres naturais. Como a maior renda per capita está relacionada com uma maior demanda por segurança, assim como permite que a economia suporte medidas de proteção eficazes, os desastres naturais tendem a afetar com mais intensidade os países subdesenvolvidos. Por outro lado, há estudos que demonstram que essa relação é não-linear (SCHUMACHER E STROBL, 2008). A relação entre desenvolvimento econômico e o impacto dos desastres naturais pode ser afetada pelo risco de sofrer um desastre. Assim, os países em que o risco de sofrer desastres naturais é menor tendem a ter maiores perdas, mesmo se forem desenvolvidos. Por outro lado, em países com alto risco de desastres, aqueles que tiverem alto nível de desenvolvimento econômico podem mitigar os efeitos dos mesmos, com investimentos em medidas de prevenção e de adaptação.

Portanto, tendo em vista todas as possibilidades descritas anteriormente, a dinâmica de uma economia após sofrer um desastre natural pode seguir quatro cenários, entendidos como hipóteses alternativas (HSIANG e JINA, 2014). Primeiro, o cenário de destruição criativa, no qual a economia passa a crescer acima de sua trajetória anterior ao desastre natural. Segundo, o cenário de reconstrução aprimorada (“*build-back-better*”). Nesse cenário, há um choque inicial negativo, mas seu impacto no longo prazo é de

crescimento acima de sua trajetória anterior ao desastre. Terceiro, o cenário de retorno à tendência, após um período de queda. Quarto, o cenário sem recuperação. Aqui, a economia passa a crescer permanentemente menos do que a sua trajetória anterior ao desastre.

A maior parte da literatura empírica sobre o impacto de desastres naturais na economia consiste em análises baseadas em regressões com técnicas para dados em painel (KOUSKY, 2013; CAVALLO E NOY, 2010). Nessas regressões, as variáveis macroeconômicas de interesse, como o PIB, são explicadas por medidas de catástrofes naturais, como as ocorrências, prejuízos ou mortes, tomadas hipoteticamente como variáveis exógenas. A base de dados mais utilizada nesses estudos é a *Emergency Events Database* (EM-DAT), mantida pelo CRED. Essa base contém dados compilados de várias fontes, incluindo agências da ONU, ONGs, companhias de seguros, institutos de pesquisa e agências de notícias.

As evidências empíricas observadas nos estudos levantados são limitadas e contraditórias em relação aos efeitos de longo prazo de catástrofes naturais na economia. De maneira geral, os efeitos tendem a ser negativos no curto prazo e se dissipar ao longo de alguns anos. Além disso, os canais pelos quais se manifesta o custo econômico desses eventos não são claros (CAVALLO E NOY, 2010). Por outro lado, os trabalhos empíricos permitem a identificação de uma série de fatos estilizados sobre a relação entre catástrofes naturais e o desempenho das economias afetadas (KOUSKY, 2013). Em primeiro lugar, os desastres naturais são eventos comuns e sua incidência tende a crescer ao longo do tempo. Esse crescimento deve-se, contudo, a uma melhor mensuração da incidência de eventos de menor magnitude. Os eventos graves, de maior potencial catastrófico, são relativamente mais raros. Os eventos mais comuns, que apresentam maior impacto sobre as pessoas em todo o mundo são os desastres hidrometeorológicos, como os provocados por enchentes e tempestades. Os impactos nas variáveis de atividade econômica dependem da medida do desastre e dos países incluídos na amostra de dados. As economias tendem a ser resilientes, principalmente para desastres de menor escala e nas economias de maior renda, melhores instituições e melhor nível educacional (TOYA E SKIDMORE, 2005; NOY, 2007; LOYAZA ET AL, 2009). A exposição das economias ao risco de desastres também afeta essa relação (SCHUMACHER E STROBL, 2008). Há evidências de efeitos de longo prazo persistentes dos desastres na renda, voltadas aos casos mais graves e aos eventos repetidos (HSIANG E JINA, 2014). Os impactos negativos são mais perceptíveis em pequena escala do que nos países como um todo. Os impactos são mais graves quando os desastres são mais intensos (NOY, 2007; LOYAZA ET AL, 2009). Por outro lado, a ajuda externa, redes de proteção social e a política fiscal anticíclica podem suavizar impactos econômicos negativos. Por fim, os impactos variam entre os setores da economia e os tipos de fenômenos que provocam as catástrofes. Os setores mais diretamente afetados concentram impactos negativos, ao passo que os mesmos podem ser positivos nos setores envolvidos nas atividades de reconstrução.

Dentre todos os estudos empíricos levantados, destaca-se o trabalho de Cavallo et al (2010), que procurou examinar os efeitos de desastres naturais no PIB de um conjunto de países, tanto no curto prazo, como no longo prazo. Para isso, o estudo observou dados de um painel de 196 países no período 1970-2008. O trabalho restringiu sua atenção aos eventos mais graves, que correspondem aos percentis 75, 90 e 99 da distribuição mundial das mortes globais em desastres naturais. Para a construção de cenários contrafactuais que melhor pudessem reproduzir as trajetórias das economias afetadas caso não ocorressem os desastres, o trabalho utilizou a metodologia do controle sintético. O trabalho concluiu que apenas os eventos muito graves são capazes de impactar o PIB dos países, no curto ou no longo prazo. Esses casos estão relacionados com distúrbios políticos disruptivos, como a Revolução Sandinista, na Nicarágua e a Revolução Islâmica, no Irã, ambas ocorridas em 1979.

Outro estudo de destaque é o de Yang (2008), o qual procurou examinar o impacto de furacões nos fluxos financeiros internacionais para países em desenvolvimento. O trabalho observou dados de um painel de 87 países em desenvolvimento com mais de um milhão de habitantes, no período 1970-2002. A metodologia aplicada foi de estimação por efeitos fixos e variáveis instrumentais. Os efeitos estimados se mostraram dependentes do nível de renda dos países. Os países mais pobres verificaram crescimento dos repasses de seus migrantes e redução dos fluxos de empréstimos bancários. Os países mais ricos verificaram crescimento dos empréstimos de instituições multilaterais e redução dos fluxos privados de capitais. Por fim, para todos os países, os desastres levaram a um crescimento da assistência oficial ao desenvolvimento,

de modo que esse essa é uma evidência de que esse tipo de fluxo de capital apresenta papel relevante para mitigar efeitos de desastres naturais em países em desenvolvimento.

No Brasil, há trabalhos que focam em efeitos de casos específicos de desastres naturais ocorridos no país. O foco desses trabalhos é subnacional, isto é, voltado para mensurar os impactos nos estados e municípios diretamente atingidos pelos desastres. Os métodos utilizados variam entre equilíbrio geral computável, regressões com técnicas para dados em painel e controle sintético. Os efeitos estimados em todos os trabalhos levantados são negativos para as economias afetadas.

Foram verificados dois trabalhos que utilizaram a metodologia de equilíbrio geral computável. Haddad e Teixeira (2013) procuraram verificar os efeitos das enchentes no município de São Paulo em 2008. O trabalho concluiu que o desastre reduziu o produto de São Paulo e o bem-estar de seus residentes. Os efeitos acumulados nas cadeias produtivas reduziram a competitividade dessa economia nos mercados domésticos e internacionais, e se espalharam para outras economias regionais no Brasil. Simonato (2017) procurou capturar os impactos econômicos regionais do desastre minerário de Mariana em 2015. O trabalho observou que, mesmo cinco anos após a tragédia, os níveis de produção, consumo das famílias, emprego, investimento e comércio não retornaram para os níveis apresentados antes do evento, mesmo com a retomada das atividades mineradoras na região. As perdas se estenderam por outros municípios ao longo do Rio Doce.

Sant'Anna (2018) procurou observar os efeitos de políticas públicas sobre a probabilidade de ocorrência de desastres naturais relacionados com elevados volumes de chuvas no estado do Rio de Janeiro no período de 2005 a 2015. Para isso, o trabalho cruzou dados de documentos de registro de situações de emergência ou calamidade pública nos municípios fluminenses causadas por deslizamentos e enchentes, com informações georreferenciadas sobre níveis de precipitação, geologia dos municípios e cobertura florestal. O trabalho também utilizou informações de repasses do governo federal para a prevenção de desastres, resposta, reconstrução e administração de riscos, assim como sobre a infraestrutura municipal referente ao tratamento de esgoto e coleta de lixo. Por meio de estimações de efeitos fixos, o trabalho concluiu que os repasses do governo federal são focalizados para os municípios que têm maiores riscos de sofrer com desastres. Além disso, a deficiência de infraestrutura urbana está relacionada com maiores riscos.

Oliveira (2017) buscou observar o impacto de desastres climáticos como secas e enchentes no crescimento econômico de municípios no estado do Ceará, com base em dados da Defesa Civil sobre a ocorrência de desastres no período 2002-2011. Por meio de estimações para dados em painel dinâmico pela metodologia *System GMM*, o trabalho observou que as secas prejudicam o crescimento econômico dos municípios cearenses, sobretudo em relação ao setor agrícola.

Em relação ao uso da metodologia do controle sintético, Ribeiro et al (2014) abordaram o caso das chuvas em Santa Catarina, em 2009, focalizando especificamente o impacto sobre a produção industrial estadual. Foram observados dados mensais a partir de novembro de 2005, com o tratamento definido em novembro de 2008. O grupo de comparação incluiu os demais estados brasileiros. O artigo calculou que, graças às chuvas, a produção industrial catarinense foi em média 5,13% menor do que no cenário contrafactual nos dois anos posteriores ao evento. Segundo cálculo feito pelos autores, essa redução da atividade industrial esteve associada a uma perda de 33,1 mil postos de trabalho e uma redução da renda entre 1,5 a 1,7%.

Halmenschlager et al (2018) aplicaram o controle sintético para avaliar o impacto das chuvas e deslizamentos sobre o PIB dos municípios da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, em 2011. O grupo de comparação incluiu os demais municípios do mesmo estado. O artigo verificou que o impacto foi negativo e crescente nos municípios afetados até o terceiro ano após o evento, com um pico médio de -8% nesse ano de referência. Após esse período, houve tendência de reaproximação entre a trajetória de tratados e de controles.

Castro e Almeida (2019) procuraram avaliar o impacto do desastre de Mariana sobre o desempenho econômico dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo. Para isso, o trabalho observou dados mensais da produção industrial dos estados no período 2012-2016, tomando como grupo de potenciais controles os demais estados da federação. Verificou-se que o efeito negativo do desastre foi mais intenso para o Espírito

Santo (-18% em relação ao seu controle sintético), já que esse estado é mais dependente do setor extrativista mineral no seu PIB do que Minas Gerais.

3. O Programa BNDES PER

O Programa BNDES Emergencial de Reconstrução de Municípios Afetados por Desastres Naturais (BNDES PER) foi originalmente criado em julho de 2010 especificamente para apoiar os municípios afetados por enchentes nos estados de Alagoas e Pernambuco no mês de junho do mesmo ano. Em janeiro de 2011, foi criado um programa semelhante para apoiar os municípios da região da Serra Fluminense afetados por enchentes e enxurradas⁴.

O programa se consolidou no BNDES a partir de outubro de 2011, apoiado com base na Medida Provisória 546, de 29 de setembro daquele ano (posteriormente convertida na Lei no 12.597, de 21 de março de 2012). Essa MP autorizou a União a conceder subvenção econômica ao BNDES, sob a modalidade de equalização de taxas de juros, em operações de financiamentos destinadas a capital de giro e investimentos de sociedades empresariais, empresários individuais e pessoas físicas ou jurídicas caracterizadas como produtores rurais, localizados em Municípios atingidos por desastres naturais que tiveram a situação de emergência ou o estado de calamidade pública reconhecidos pelo Poder Executivo Federal. O valor do total dos financiamentos foi limitado ao montante de R\$ 1,5 bilhão. O BNDES PER teve o objetivo de apoiar a retomada da atividade econômica nas localidades afetadas por eventos causadores de emergências ou calamidades.

O BNDES PER operou como uma linha do produto BNDES Automático. Os recursos foram desembolsados por meio de operações indiretas, isto é, por meio da rede de agentes financeiros credenciados no BNDES. Suas condições iniciais, de 14/10/2011, incluíram a taxa de juros equalizada e fixa em 5,5% ao ano. O prazo foi de 120 meses, incluídos de 3 a 24 meses de carência. No financiamento a capital de giro não associado a projetos de investimento, cujo valor excedia a R\$ 100 mil, incluído o valor da comissão de garantia, quando for o caso, o prazo total foi de 60 meses, incluída a carência. O nível de participação do BNDES foi de até 100% dos itens financiáveis. Por fim, o limite de financiamento por beneficiário (CNPJ/CPF) de R\$ 1 milhão, sendo até R\$ 500 mil para o financiamento de projeto de investimento e até R\$ 500 mil para capital de giro ou custeio agrícola.

Com o passar dos anos, as condições do BNDES PER foram modificadas. A taxa de juros passou a ser variável, e o limite de financiamento foi ampliado para um total de R\$ 5 milhões, sendo R\$ 2,5 milhões para projetos de investimento e R\$ 2,5 milhões para capital de giro. Em janeiro de 2017, o programa se tornou a Linha Emergencial do BNDES Automático. Deixou de ter taxa de juros equalizadas e passou a financiar apenas capital de giro, com limite de R\$ 2,5 milhões por beneficiário.

4. Bases de Dados

Com o propósito de investigar possíveis impactos das catástrofes naturais sobre a economia, o mercado de trabalho e a arrecadação em nível municipal, o presente trabalho baseou-se no cruzamento de informações de 6 bases de dados. O Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, do Ministério do Desenvolvimento Regional⁵ forneceu informações dos municípios que entraram em estado de calamidade pública ou emergência⁶. Foram identificados o número de decretos de cada município (emergência ou calamidade) e o evento mais comum (por exemplo, enchentes). Do BNDES, obteve-se o número de

⁴ Ambos programas tinham condições idênticas ao programa BNDES PER posterior. A única diferença foi o limite de financiamento por CNPJ/CPF. Enquanto que, no caso do Nordeste, o limite era de R\$ 1 milhão, no caso do Rio de Janeiro o limite era de R\$ 2 milhões.

⁵ Os dados podem ser acessados em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/series/>

⁶ O estado de emergência se caracteriza pela iminência de danos à saúde e aos serviços públicos. Já o estado de calamidade pública é decretado quando essas situações se instalam. Cabe ao prefeito avaliar a situação e decretar emergência ou calamidade, casos em que há possibilidade de obtenção de recursos federais e estaduais facilitada. Fonte: Agência Senado. Detalhes em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/especiais/especial-cidadania/defesa-civil/situacao-de-emergencia-e-estado-de-calamidade-publica>

operações do BNDES PER e o seu valor total desembolsado por município e ano. Do Datasus, obteve-se o número de mortes por exposição a forças da natureza. Do IBGE, obteve-se o PIB e o PIB per capita dos municípios. Da RAIS, obteve-se o número de pessoas em emprego formal e a massa salarial. Por fim, obteve-se as receitas com impostos, com IPTU e com ISS, além do valor transferido da União por motivos de resposta a desastres por município e ano. Foram escolhidos 7 indicadores de interesse: número de pessoas em emprego formal (RAIS), massa salarial (RAIS), PIB (IBGE), PIB per capita (IBGE), receitas com impostos (Finbra), receitas com IPTU (Finbra) e receitas com ISS (Finbra).

Os dados foram consolidados em um painel com informações dos municípios que decretaram estado de calamidade pública ou emergência no período 2008-2017. De 2008 a 2016⁷, um total de 3.770 municípios declararam estado de emergência, conforme mostra a Tabela 1. Nesse mesmo período, 142 municípios declararam estado de calamidade e um total de 528 foram apoiados pelo BNDES PER. De acordo com a tabela, o período com mais calamidades foi 2010-2011, que coincide com os desastres das enchentes em Pernambuco, Alagoas e na Serra Fluminense. O apoio do BNDES PER foi mais volumoso em valor liberado em 2011-2012, mas atingiu um número maior de municípios a partir de 2014. A União transferiu cerca de R\$ 4,9 bilhões para os municípios por motivos de resposta a desastres naturais nesse período. Por fim, 2.964 pessoas morreram por exposição a forças da natureza no Brasil, com destaque para o ano de 2011, em que aconteceu a tragédia das enxurradas na região da Serra Fluminense. De maneira geral, os eventos mais comuns associados a emergências são estiagens, secas e enxurradas. Já em relação aos eventos mais comuns associados a calamidades, tem-se as enxurradas, as enchentes e as inundações.

Tabela 1: Contagem de Municípios, Valor Liberado e Mortes por Ano

Ano	Emergências	Calamidades	Operações BNDES PER	Valor Liberado BNDES PER (R\$ mil)	Transferências da União (R\$ mil)	Mortes
2008	1.028	0	0	0	79.307	304
2009	1.069	17	0	0	216.464	196
2010	1.875	44	56	141.312	708.679	476
2011	947	49	87	620.661	201.548	1.042
2012	2.336	5	41	567.878	458.699	173
2013	1.935	7	38	392.204	601.846	210
2014	1.874	19	94	426.994	871.995	137
2015	1.586	14	124	164.740	517.872	161
2016	1.432	7	87	89.892	751.575	145
2017	NA	NA	1	600	538.251	120
TOTAL	3.770	142	528	2.404.281	4.946.235	2.964

Fonte: elaboração própria a partir de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, do BNDES, da União e do Datasus. Os dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres estão disponíveis até 2016.

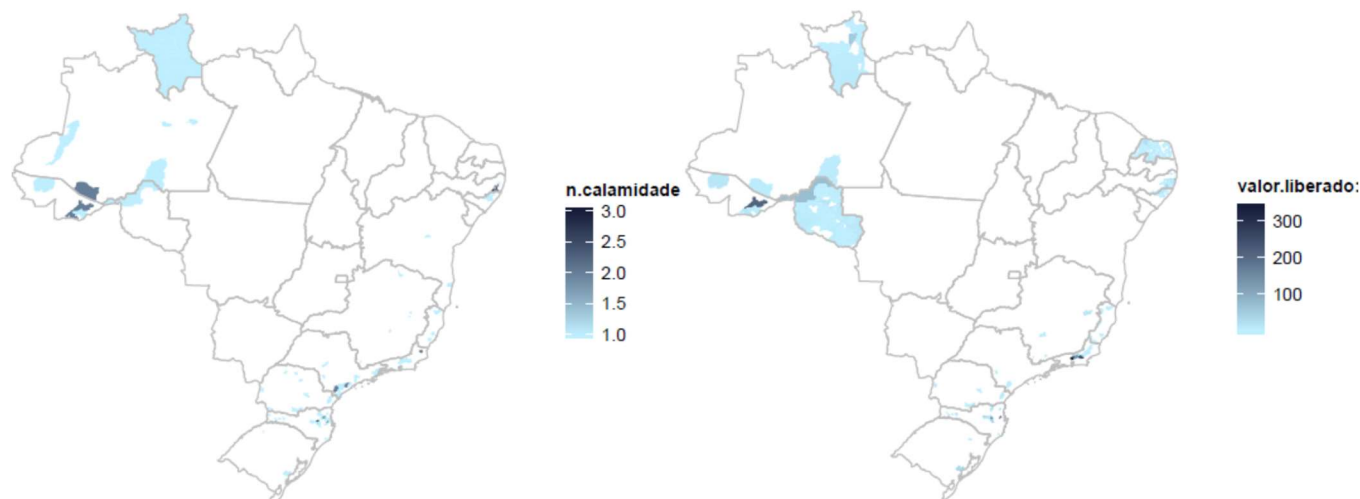
Observou-se que o BNDES PER apoiou 6% dos municípios que declararam estado de emergência e 59% dos municípios que declararam estado de calamidade nesse período. O valor total liberado foi de R\$ 2,4 bilhões, com um pico de R\$ 620 milhões em 2011. Em relação à distribuição desse valor pelos estados brasileiros, observou-se que o maior beneficiado foi o Rio de Janeiro (R\$ 832 milhões), seguido por Santa Catarina (R\$ 541 milhões), Pernambuco (R\$ 287 milhões) e Acre (R\$ 235 milhões). Por fim, o município que mais recebeu recursos foi Petrópolis-RJ (R\$ 338 milhões), seguido por Nova Friburgo-RJ (R\$ 264 milhões), Rio Branco-AC (R\$ 209 milhões), Brusque-SC (R\$ 176 milhões), Rio do Sul-SC (R\$ 160 milhões) e Teresópolis-RJ (R\$ 140 milhões).

Os mapas a seguir mostram a distribuição geográfica da incidência de calamidades nos municípios brasileiros, assim como o valor liberado pelo BNDES PER. Observa-se que as calamidades se concentraram

⁷ Os dados da Defesa Pública não estão disponíveis para 2017.

no Acre, Pernambuco, Alagoas, sul de São Paulo e Santa Catarina. O BNDES PER teve mais liberações no Acre, Rondônia⁸, Roraima, Rio Grande do Norte e nas regiões afetadas pelas calamidades que provocaram a criação do programa, como os municípios de Alagoas e Pernambuco, da Serra Fluminense e de Santa Catarina.

Gráfico 1: Municípios que Declararam Calamidade (2008-2016) e que Receberam Desembolsos do BNDES PER (2010-2017, R\$ Milhões)



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres e do BNDES.

A estratégia de identificação adotada para definir as unidades tratadas é a declaração de estado de calamidade pública do município em razão de eventos relacionados a chuvas, enchentes, enxurradas e inundações no período de análise (2008 a 2016), o que representa um total de 133 municípios tratados. Optou-se por esta estratégia por ser o mesmo critério de acesso do município aos recursos do BNDES PER. Um total de 9 municípios declararam calamidade por outros motivos (como secas, estiagens e erosões), e foram descartados como amostras contaminadas. Mesmo que esses fenômenos também sejam de natureza climática, esse procedimento é justificado pela observação de trabalhos anteriores de que tipos diferentes de desastres naturais podem ter efeitos diferentes na economia (POPP, 2006; LOAYZA ET AL, 2009). O grupo de potenciais controles (*donor pool*) incluiu todos os municípios brasileiros que não entraram em estado de calamidade nesse período. As estatísticas descritivas de tratados e controles no primeiro ano da análise (2008) encontram-se na tabela a seguir.

Tabela 2: Estatísticas Descritivas por Status de Tratamento (2008)

Variável	Média dos Tratados	Média do <i>Donor Pool</i>	t	pvalor
Empregos	42.785	6.141	1,12	0,266
PIB (R\$)	3.387.934.687	492.241.713	1,07	0,286
PIB per capita (R\$)	10.712	10.301	0,63	0,530
Receita com Impostos (R\$)	84.103.510	6.219.430	1,03	0,305
Receita com IPTU (R\$)	24.715.253	1.725.898	1,05	0,296
Receita com ISS (R\$)	46.050.523	3.175.877	1,02	0,310
Massa salarial (R\$)	75.910.065	8.004.269	1,06	0,293
Transferências da União (R\$)	5.036	14.463	-2,22	0,026
Mortes	0,77	0,04	2,28	0,024

⁸ É importante destacar que Rondônia foi o único caso de estado de calamidade pública declarada pelo governo estadual (2014) em toda a base de análise.

Total de Municípios	133	5.437
---------------------	-----	-------

Fonte: IBGE, RAIS, Finbra e Datasus. Receita com Impostos é o total de receitas de impostos para o governo municipal. Não inclui transferências.

Como se pode ver, no início do período, os municípios do grupo de tratamento apresentam em média porte maior do que os do grupo de *donor pool* em todas as variáveis de interesse, menos para o PIB per capita, em que o valor para ambos os grupos é semelhante. Contudo, devido à grande variabilidade nos dados, o teste t para a diferença de médias não foi significativa para quase todas as variáveis. As exceções são as transferências da União para os municípios por motivo de resposta a desastres, com sinal inverso ao esperado, possivelmente devido à defasagem temporal entre o desastre e a ajuda federal, e para o número de mortos por exposição às forças da natureza.

5. Metodologia

Conforme mencionado anteriormente, o presente trabalho tem dois objetivos principais. Em primeiro lugar, busca estimar o impacto de eventos associados a calamidades públicas, como enchentes, enxurradas e afins, sobre indicadores econômicos de municípios brasileiros. Para isso, foi empregada a metodologia do controle sintético, já empregada anteriormente em trabalhos com objetivo semelhante (CAVALLO ET AL, 2010; RIBEIRO ET AL, 2014; HALMENSCHLAGER ET AL, 2018; CASTRO E ALMEIDA, 2019). Após isso, procurou estimar a probabilidade de um município ser apoiado pelo BNDES PER com base na magnitude desse impacto. O objetivo específico desse exercício é verificar a hipótese de que o programa BNDES PER foi focalizado nos municípios que sofreram as maiores perdas econômicas devido às calamidades públicas. Esse procedimento foi baseado em trabalhos anteriores que verificaram a importância de fluxos financeiros de ajuda para mitigar efeitos de desastres naturais (YANG, 2008; SANT'ANNA, 2018).

5.1. Controle Sintético

No intuito de atribuir possíveis impactos econômicos de calamidades, é preciso que alguma técnica seja utilizada para construção de um cenário contrafactual. Ou seja, é necessário que se leve em consideração a mensuração da variável de interesse em um cenário hipotético no qual esses municípios não tenham sofrido calamidade. Dessa maneira, a medida do impacto será, para cada indicador escolhido, a diferença entre o desempenho observado nos municípios afetados (tratados) e o desempenho do contrafactual após o tratamento. Além disso, o número de unidades afetadas por esse tipo de evento, geralmente, é pequeno. Dessa maneira, os resultados estimados por meio de métodos de análise de impacto baseados em pareamento e em diferenças-em-diferenças podem ter problemas de inferência estatística.

Nesse sentido, a metodologia de controle sintético foi originalmente concebida para estudos de caso, sendo apropriada para quando se tem poucos tratados, como é o caso em análise. Além disso, permite a identificação dos efeitos de maneira discreta ao longo do tempo. O trabalho da metodologia de controle sintético é procurar simular, a partir de uma combinação de informações observadas de municípios não afetados, a mesma trajetória prévia ao tratamento que se observou no município afetado, conforme foi desenvolvido por Abadie (2003, 2010, 2015).

A lógica de uma avaliação por controle sintético pode ser formalizada como a seguir⁹. Supõe-se uma amostra de $J + 1$ municípios brasileiros indexados por j . O município $j = 1$ é a unidade de interesse, isto é, o município tratado por um evento de desastre natural. Os demais municípios, de $j = 2$ a $j = J + 1$ constituem o chamado *donor pool*, isto é, o conjunto de municípios não tratados pelo evento e que servem como potenciais unidades de comparação com o município tratado.

Pressupõe-se que a amostra é um painel balanceado, isto é, que é composta por dados longitudinais e que todas os municípios são observados no período de $t = 1, \dots, T$. A amostra inclui um número positivo de períodos pré-desastre T_0 , assim como de períodos pós-desastre T_1 , de modo que $T = T_0 + T_1$. O

⁹ A formalização do modelo de controle sintético aqui apresentada está baseada no trabalho de Martini et al (2018).

tratamento que será avaliado consiste na exposição do município $j = 1$ ao desastre natural durante os períodos $t = T_0 + 1, \dots, T$, considerando que o mesmo não tem efeitos durante o período pré-tratamento $t = 1, \dots, T_0$. Dessa maneira, o objetivo da análise de impacto nessa amostra é medir o efeito do desastre sobre o município tratado em um indicador de interesse para o período pós-tratamento.

Por hipótese, considera-se que as características pré-tratamento do município tratado são mais bem aproximadas por uma combinação dos municípios não tratados do que por qualquer um desses municípios não tratados isoladamente. Dessa maneira, o controle sintético pode ser entendido como uma média ponderada dos municípios do *donor pool* que será comparado com o município tratado. O controle sintético é representado por um vetor $(J \times 1)$ de pesos $W = (w_2, \dots, w_{j+1})$, tal que $0 \leq w_j \leq 1$ para $j = 2, \dots, J$ e $w_2 + \dots + w_{j+1} = 1$. Dessa maneira, a escolha de qualquer valor particular de W é equivalente à escolha de um controle sintético.

Seja X_1 um vetor $(K \times 1)$ contendo as características pré-tratamento do município tratado, as quais pretende-se aproximar o máximo possível. X_0 , por sua vez, é uma matriz $(K \times J)$ contendo os valores das mesmas variáveis para o *donor pool*. Observa-se que K equivale ao número de variáveis disponíveis para mensurar as características dos municípios no período pré-tratamento, sendo preditoras da variável de interesse e não sendo afetadas pelo desastre nesse período. Nesse conjunto de variáveis, pode-se incluir os valores da própria variável de interesse antes do tratamento¹⁰.

A diferença entre as características do município tratado e do controle sintético é dada pelo vetor $X_1 - X_0W$, sendo que o objetivo da metodologia aqui aplicada é escolher o vetor de pesos W^* que minimiza essa distância. Esse valor é obtido da seguinte maneira. Para $m = 1, \dots, K$, seja X_{1m} o valor da variável m para a município tratada e X_{0m} um vetor $1 \times J$ que contém os valores da variável m para os municípios do *donor pool*, deve-se escolher o W^* que minimiza:

$$\min_{W \in W} \sum_{m=1}^K v_m (X_{1m} - X_{0m}W)^2$$

Nessa equação, v_m é um peso que reflete a importância relativa atribuída à variável m quando se mede a discrepância entre X_1 e X_0W .

Seja Y_{jt} a variável de interesse da município j no tempo t . Y_1 é um vetor $(T_1 \times 1)$ dos valores pós-desastre da variável de interesse para o município tratado, de modo que $Y_1 = (Y_{1T_0+1}, \dots, Y_{1T})'$. Y_0 é uma matriz $(T_1 \times J)$ em que a coluna j contém os valores pós-desastre da variável de interesse para o município $j + 1$. Dessa maneira, a variável de interesse do controle sintético é $Y_1^* = Y_0W^*$.

O estimador de controle sintético do impacto do tratamento é dado pela comparação entre os valores da variável de interesse para o município tratado e para o município de controle sintético no período pós-tratamento:

$$\delta = Y_1 - Y_1^*$$

$$\delta = Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt}$$

Em caso de eventos com mais de um município tratado, o controle sintético deve ser aplicado para cada caso individual. Após isso, para se obter medidas do efeito dos desastres como um todo, as estimativas individuais devem ser compiladas (ASSUNÇÃO ET AL, 2016). Ou seja, ao invés de se considerar um único município tratado $j = 1$, considera-se um conjunto de G municípios tratados por desastres naturais, os quais são indexados por $g = 1, 2, \dots, G$. Seja T_{0g} o ano em que houve o tratamento em cada município tratado. Para melhor comparar o tratamento em diferentes anos, esses são normalizados em $\tau = t - T_{0g}$, em que $\tau = 0$ é o ano do tratamento de cada município em G .

¹⁰ Quando a dimensionalidade do modelo é grande em relação ao tamanho da amostra, a estimação do vetor de pesos atribuídos aos controles pode apresentar problemas, já que o método tem sua eficiência computacional muito sensível à extensão das bases de dados. Uma possibilidade nesse caso é a adoção de um procedimento de encolhimento do conjunto de coeficientes estimados de um modelo, como o *adaLASSO* (*Adaptive Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*) (ZOU, 2006).

Após a normalização temporal, seja $\hat{\delta}_{j\tau g} = y_{j\tau g} - \hat{y}_{j\tau g}^*$ o efeito estimado da calamidade pública no município $g \in G$, pertencente ao conjunto J de municípios tratados e não tratados no período τ . Dessa maneira, os resultados estimados para os municípios tratados são compilados para cada ponto no tempo de modo a se obter uma distribuição empírica. Portanto, o impacto médio dos G tratamentos em cada município g será:

$$\bar{\delta}_t = \frac{\sum_{g=1}^G \delta_{g1\tau}^*}{G} = \frac{\sum_{g=1}^G (y_{g1\tau} - y_{g1\tau}^*)}{G}$$

Em caso de elevada heterogeneidade de efeitos entre os municípios tratados, pode ser mais vantajoso utilizar a mediana em vez da média para compilar os resultados individuais, assim como os percentis 0,25 e 0,75 para cada caso:

$$Px(\delta_\tau) = Px(\delta_{g1\tau}^*)$$

Nessa fórmula, Px equivale ao percentil escolhido do efeito para cada τ de tratamento.

É importante ter em mente que existem alguns problemas que podem prejudicar as conclusões em termos de inferência a respeito dos efeitos individuais compilados. Por exemplo, a consistência do estimador de controle sintético é maior quanto maior for o número de períodos pré-tratamento que estiver presente na base de dados, uma vez que esse fator contribui por reduzir o papel de variáveis não observadas na determinação da trajetória pré-tratamento da variável de interesse. Além disso, pode haver viés, isto é, a trajetória da variável de interesse de um município tratado pode estar descolada do seu controle sintético desde antes do desastre. Outro problema é a possibilidade de que um município tratado receba choques aleatórios sobre sua variável de interesse com uma variância diferente do seu controle sintético. Se os choques atingem o município tratado com maior variância do que o controle sintético, poderá haver superestimação do efeito do tratamento. Se os choques atingirem o controle sintético com maior variância do que o município tratado, pode haver subestimação do tratamento.

A maneira mais comum de mensurar a qualidade do ajuste por meio do método do controle sintético é pelo erro quadrático médio pré-tratamento, ou *Root Mean Squared Prediction Error (RMSPE)*. Esse indicador equivale à razão entre os desvios quadrados da trajetória da variável de interesse entre o município de referência e seu correspondente controle sintético antes do ponto de tratamento. Quanto menor for esse valor, menor é a distância entre as trajetórias, e melhor é o ajuste.

$$RMSPE = \left(\frac{1}{T_0} \sum_{t=1}^{T_0} \left(Y_{1t} - \sum_{j=2}^{J+1} w_j^* Y_{jt} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Os problemas de estimação, tais como descritos anteriormente, são detectados no exercício empírico por meio de um mau ajuste pré-tratamento da variável de interesse, e isso pode ser testado sob a forma de um elevado *RMSPE* pré-tratamento. Por isso, uma forma simples de se controlar a influência desses casos na estimação do efeito compilado das intervenções é a eliminação dos municípios tratados com um nível de *RMSPE* pré-tratamento acima de um patamar escolhido.

5.2. Regressão Logit e Painel de Efeitos Fixos

Os impactos calculados pelo controle sintético foram empilhados em um painel de anos de referência, de t (ano do desastre natural) até $t + 3$ (três anos após esse evento). A partir desse painel, foram estimadas regressões em que o acesso ao apoio do BNDES PER é a variável explicada, especificada como uma variável *dummy* igual a 1 a partir do primeiro ano em que o município recebe algum valor liberado pelo banco, e 0 nos demais casos. O modelo estimado apresenta o acesso ao BNDES em função do resultado do controle sintético, validado pelo teste de RMSPE, variáveis de controle relacionadas ao evento (acesso ao valor transferido pela União e número de mortos por exposição à natureza) e variáveis de controle relacionadas às características do município (logaritmo do PIB, % da agropecuária no PIB, % da indústria no PIB, % dos serviços no PIB e *dummies* de região). Para compatibilizar variáveis com diferentes unidades de medida, todas elas foram normalizadas pelas suas escalas. O modelo foi estimado por meio de dois

métodos¹¹. Primeiro, a regressão logit, que segue uma distribuição de probabilidade de formato binomial. Segundo, um modelo baseado em efeitos fixos dentro das unidades (*within estimator*).

Em um modelo de variáveis dependentes binárias, a variável endógena y assume um de dois valores possíveis, igual a um (sucesso), ou igual a zero (insucesso). O objetivo de se trabalhar com esse tipo de modelo empírico é estimar, ou prever, a probabilidade de sucesso e de insucesso, condicional a um dado vetor x de variáveis explicativas. Assim, a distribuição de probabilidade de um modelo de variáveis independentes binárias tem o formato da distribuição de Bernoulli:

$$\Pr(y | p) = p^y (1 - p)^{1-y}$$

Os modelos de regressão logística, ou de regressão para variáveis dependentes limitadas, consistem em uma série de transformações matemáticas para restringir o vetor de probabilidades estimado ao intervalo $[0, 1]$, o que é extremamente importante para a interpretação dos seus parâmetros. Demonstrando matematicamente, dada a probabilidade de ocorrência de um evento:

$$P(Y = 1 | x) = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_p x_p}}$$

Denominando-se *odds* a chance de ocorrência do evento, tem-se:

$$odds = \frac{P(Y = 1)}{P(Y = 0)} = \frac{p}{1 - p}$$

As *odds* podem variar entre zero e o infinito. Se *odds* = 1, a probabilidade de sucesso é igual à probabilidade de insucesso. Se *odds* < 1, a probabilidade de sucesso é menor do que a probabilidade de insucesso. Já se *odds* > 1, a probabilidade de sucesso é maior do que a probabilidade de insucesso. Para representar esse modelo em formato linear, faz-se nele uma transformação logit, ou seja:

$$\text{logit}(pi) = \ln\left(\frac{p_i}{1 - p_i}\right) = \ln\left[\frac{P(Y = 1 | x)}{P(Y = 0 | x)}\right]$$

$$G(x) = \ln\left[\frac{P(Y = 1 | x)}{P(Y = 0 | x)}\right] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p = G(\beta_0 + x\beta) = \eta_i$$

Os modelos econométricos de dados em painel, tratam de acompanhar o comportamento das mesmas unidades de observação ao longo de períodos de tempo. Contudo, sabe-se que, na maioria dos casos, as observações não são sempre independentemente distribuídas ao longo do tempo. Isto é, existem fatores não-observados específicos a cada unidade que podem provocar viés de heterogeneidade nas estimativas. O modelo de efeitos fixos consiste em uma maneira de se eliminar o termo de heterogeneidade individual fixa no tempo (α). Em resumo, esse modelo permite que cada unidade *cross-section* da amostra tenha um intercepto diferente, apesar de que as inclinações dos parâmetros serem as mesmas para todos. Dado o modelo:

$$Y_{it} = \alpha_i + X_{it}'\beta + u_{it} \quad i = 1, \dots, N \quad t = 1, \dots, T$$

Para cada observação i , calcula-se a média da equação ao longo do tempo. Subtraindo-se a equação de sua média, temos:

$$(Y_{it} - \bar{Y}_i) = \alpha_i - \alpha_i + (X_{it} - \bar{X}_i)' \beta + (u_{it} - \bar{u}_i)$$

$$\check{Y}_{it} = \check{X}_{it}' \beta + \check{u}_{it}$$

Esse procedimento acabou por eliminar o termo α_i , que é constante no tempo. A transformação de efeitos fixos é uma transformação interna, isto é, é considerado um estimador *within*, uma vez que depende das variações. Não importa a magnitude bruta do valor das variáveis para cada indivíduo, mas sim como varia ao longo do tempo. $\check{Y}_{it}, \check{X}_{it}, \check{u}_{it}$ são denominados de dados temporais reduzidos.

6. Resultados

¹¹ A presente seção foi elaborada de acordo com o trabalho de Cameron e Trivedi (2005).

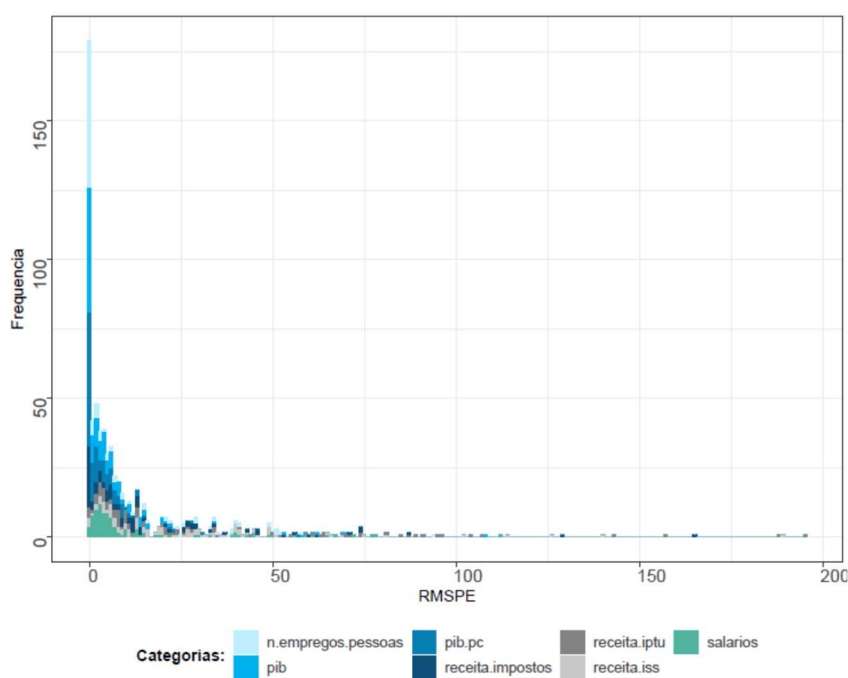
6.1. Controle Sintético

O método do controle sintético foi aplicado individualmente para comparar cada município tratado com o seu contrafactual. Após isso, os resultados foram computados de modo a possibilitar uma análise agregada de todos os municípios que decretaram estado de calamidade por causa de chuvas, enxurradas, enchentes e inundações.

O primeiro exercício realizado é uma análise geral da qualidade dos ajustes de controle sintético. Eventuais problemas, como viés da estimação, são detectados no exercício empírico por meio de um mau ajuste pré-tratamento da variável de interesse, e isso pode ser testado sob a forma de um elevado erro quadrático médio pré-tratamento (*Root Mean Squared Prediction Error*, ou RMSPE). Por isso, uma forma simples de se controlar a influência desses casos na estimação do efeito compilado das intervenções é a eliminação das unidades tratadas com um nível de RMSPE pré-tratamento acima de um patamar escolhido.

Uma análise do ajuste pré-tratamento levou à exclusão das avaliações com RMSPE acima de 20. O gráfico a seguir mostra que a maior parte das estimativas de controle sintético teve bom ajuste, com um total de 75,9% de validação nos 727 exercícios realizados. Todavia, os ajustes referentes às variáveis de receitas tributárias foram inferiores aos referentes às demais variáveis.

Gráfico 2: Erro Quadrático Médio Pré-Tratamento dos Ajustes de Controle Sintético



Fonte: Elaboração Própria.

A próxima análise feita com base nos resultados consistiu numa comparação da proporção de casos em que cada variável de interesse dos municípios tratados teve desempenho superior aos valores observados para seus respectivos controles sintéticos. Intuitivamente, assumindo que o método não é viesado para a definição dos controles, deveríamos observar que, se as calamidades não tiveram nenhum impacto sobre as localidades, essa proporção deveria circular no entorno de 50% ao longo do tempo - tal qual ocorre com a proporção de resultados "cara" obtidos após n lançamentos de uma moeda não viciada.

Para julgar se esses valores são estatisticamente significantes, um intervalo de confiança foi construído com base numa distribuição de Bernoulli, assumindo um parâmetro p de 50%. Dessa maneira, a hipótese nula assume que, na ausência de impacto das calamidades, há 50% de chance de um município tratado estar pior que seu controle em cada momento do tempo. Caso a proporção observada fique abaixo do limite inferior dos intervalos de confiança, isso pode ser interpretado como evidência de impacto negativo do evento.

A seguir, apresenta-se uma tabela com os resultados da análise. De acordo com a tabela, é possível observar o descolamento da proporção de efeitos negativos em relação ao intervalo de confiança para a variável de massa salarial no ano do tratamento; para a variável de empregos no segundo ano após o tratamento; para as receitas com IPTU no terceiro ano após o tratamento; e para o PIB per capita a partir do primeiro ano após o tratamento. Por outro lado, as receitas com ISS verificaram proporção de resultados positivos acima do intervalo de confiança a partir do primeiro ano após o tratamento.

Tabela 3: Proporção de Efeitos Positivos e Intervalo de Confiança para cada Ano de Referência

Variável	Ano	Casos		Proporção	Limite Inferior	Limite Superior
		Positivos	Negativos	de Casos Positivos		
Empregos	t	35	45	0,438	0,393	0,607
Empregos	t+1	38	42	0,475	0,393	0,607
Empregos	t+2	30	49	0,380	0,392	0,608
Empregos	t+3	31	44	0,413	0,390	0,610
Massa Salarial	t	28	51	0,354	0,392	0,608
Massa Salarial	t+1	37	42	0,468	0,392	0,608
Massa Salarial	t+2	33	45	0,423	0,392	0,608
Massa Salarial	t+3	32	42	0,432	0,389	0,611
PIB	t	57	57	0,500	0,410	0,590
PIB	t+1	56	58	0,491	0,410	0,590
PIB	t+2	46	61	0,430	0,407	0,593
PIB	t+3	43	51	0,457	0,401	0,599
PIB per capita	t	59	60	0,496	0,412	0,588
PIB per capita	t+1	45	74	0,378	0,412	0,588
PIB per capita	t+2	43	68	0,387	0,409	0,591
PIB per capita	t+3	39	58	0,402	0,402	0,598
Receita Impostos	t	38	28	0,576	0,383	0,617
Receita Impostos	t+1	37	29	0,561	0,383	0,617
Receita Impostos	t+2	37	26	0,587	0,380	0,620
Receita Impostos	t+3	32	22	0,593	0,371	0,629
Receita IPTU	t	20	28	0,417	0,364	0,636
Receita IPTU	t+1	19	29	0,396	0,364	0,636
Receita IPTU	t+2	18	28	0,391	0,361	0,639
Receita IPTU	t+3	13	26	0,333	0,350	0,650
Receita ISS	t	28	18	0,609	0,361	0,639
Receita ISS	t+1	32	14	0,696	0,361	0,639
Receita ISS	t+2	29	16	0,644	0,360	0,640
Receita ISS	t+3	30	10	0,750	0,352	0,648

Fonte: Elaboração Própria.

O próximo passo do trabalho procura analisar a magnitude dos impactos estimados dos municípios tratados em relação aos seus grupos de controles. A tabela a seguir mostra as estatísticas dos resultados estimados de controle sintético para cada variável e ano de referência, em que t é o ano de tratamento para cada caso¹². Todos os valores estão em termos percentuais e indicam a diferença do desempenho das unidades tratadas em relação aos seus respectivos controles sintéticos.

¹² O Ano "t" equivale ao ano o ano do tratamento, isto é, a primeira vez que o município declarou estado de calamidade pública por motivo de chuvas, enxurradas, enchentes e inundações.

Tabela 4: Resultados Comparados: Estatísticas (%)

Variável	Ano	Média	DP	P25	Mediana	P75	Mínimo	Máximo
Empregos	t	-3,23	16,61	-9,43	-1,77	4,26	-80,02	34,59
Empregos	t+1	0,48	20,26	-8,96	-0,51	8,17	-46,82	65,75
Empregos	t+2	-3,29	21,90	-14,22	-4,54	8,15	-59,32	69,03
Empregos	t+3	-3,05	24,96	-14,70	-4,61	6,37	-75,45	89,70
Massa Salarial	t	-2,39	10,93	-9,18	-2,70	2,32	-33,00	32,01
Massa Salarial	t+1	-0,35	18,05	-10,10	-0,92	7,59	-40,58	79,38
Massa Salarial	t+2	-3,70	18,47	-12,17	-2,24	7,02	-68,07	44,98
Massa Salarial	t+3	-4,35	21,94	-13,33	-2,48	5,46	-74,83	66,47
PIB	t	2,09	15,08	-6,11	-0,28	9,59	-34,02	67,60
PIB	t+1	0,88	14,96	-7,04	-0,20	6,36	-59,94	41,93
PIB	t+2	0,72	24,01	-10,42	-2,05	10,94	-55,80	138,13
PIB	t+3	-3,14	24,48	-15,66	-3,69	8,11	-62,57	131,97
PIB per capita	t	1,59	16,25	-5,03	-0,14	7,25	-40,79	87,31
PIB per capita	t+1	-2,43	13,79	-10,01	-2,31	6,20	-56,21	31,38
PIB per capita	t+2	-2,27	17,41	-13,22	-3,66	6,74	-50,97	45,39
PIB per capita	t+3	-3,73	19,59	-16,42	-4,45	6,78	-55,58	47,62
Receita Impostos	t	7,28	26,61	-6,66	4,16	21,10	-56,13	95,56
Receita Impostos	t+1	14,70	47,80	-10,59	1,65	23,45	-51,89	273,07
Receita Impostos	t+2	13,94	44,21	-7,71	4,43	25,42	-68,14	198,04
Receita Impostos	t+3	31,06	76,57	-9,83	13,59	40,26	-60,33	402,61
Receita IPTU	t	-4,58	26,98	-16,68	-3,44	10,62	-100,00	51,45
Receita IPTU	t+1	-2,88	29,35	-17,72	-4,73	6,90	-76,89	101,08
Receita IPTU	t+2	-4,90	30,44	-19,49	-6,59	10,65	-100,00	61,23
Receita IPTU	t+3	-5,44	35,58	-24,31	-8,00	9,18	-59,05	138,65
Receita ISS	t	22,20	74,60	-6,48	7,21	22,33	-100,00	403,39
Receita ISS	t+1	15,85	48,11	-3,30	10,01	27,46	-76,54	156,93
Receita ISS	t+2	10,92	50,29	-9,51	9,26	32,32	-100,00	153,95
Receita ISS	t+3	37,45	73,52	-0,34	14,34	69,91	-67,30	249,28

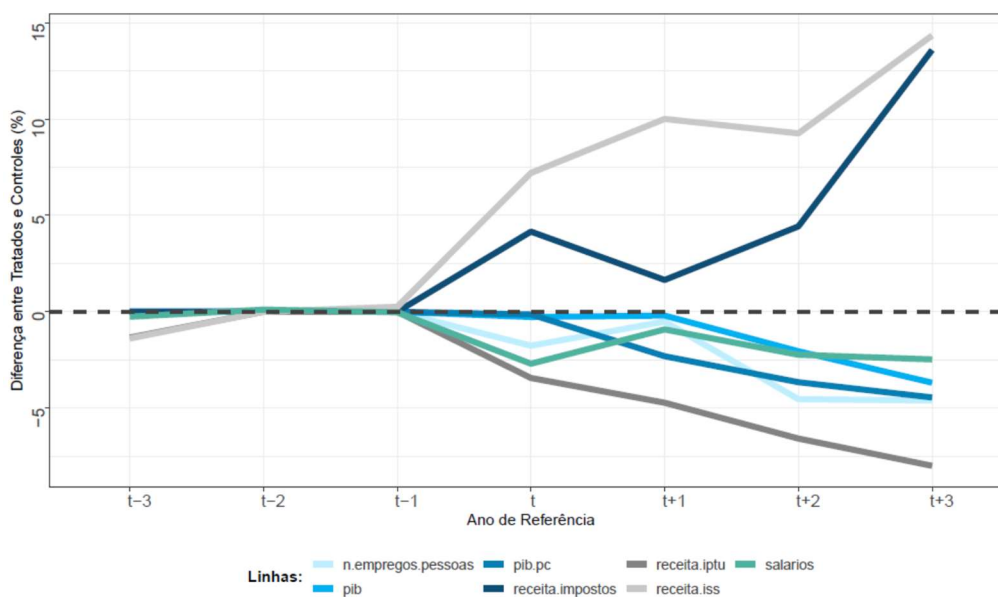
Fonte: Elaboração própria

Os principais resultados estão sintetizados no gráfico a seguir. O gráfico apresenta o comportamento do efeito percentual mediano das diferenças da variável de interesse entre tratados e controles ao longo do tempo, em que t é o ano de tratamento para cada caso. Isto é, o ano "t" equivale ao ano em que o município declarou estado de calamidade pública pela primeira vez no período analisado. A vantagem de se trabalhar com a mediana dos efeitos é que essa estatística é menos sensível a valores extremos, ao contrário da média (ASSUNÇÃO ET AL, 2016). Observam-se trajetórias próximas de zero no período pré-tratamento, o que revela bons ajustes de controle sintético para todas as variáveis. Após o tratamento, por outro lado, houve descolamento positivo da curva de receitas com impostos, e negativo das curvas referentes às demais variáveis.

Mais especificamente, observa-se que a partir do ano do tratamento, inicia-se o deslocamento das variáveis relacionadas ao mercado de trabalho (empregos e salários), assim como da receita com IPTU. O PIB per capita se desloca a partir do primeiro ano após o tratamento e o PIB, após o segundo ano após o mesmo. O efeito sobre o emprego tem com pico de -4,6% no terceiro ano após o evento. O efeito sobre o PIB tem descolamento no segundo ano após o evento e pico de -3,7% no terceiro ano de referência. O efeito sobre o PIB per capita tem descolamento no primeiro ano após o evento e pico de -4,5% no terceiro ano de referência. O efeito sobre a massa salarial tem pico de -2,7% no primeiro ano de referência.

Os efeitos sobre receita com impostos e com ISS são positivos. Esse resultado é inesperado, e necessita de maior aprofundamento. As hipóteses mais prováveis são não-causalidade (as catástrofes não impactaram essas variáveis, e os resultados refletem outros fatores) e subnotificação de informações ao Finbra. Não cabe ao presente trabalho explorar essas hipóteses, mas seguem temas relevantes para pesquisas futuras. O efeito sobre a receita com IPTU é negativo e crescente, com pico de -8% no terceiro ano de referência. Uma hipótese para esse resultado é que os municípios podem conceder anistias para os afetados, podendo, inclusive, fazer o ajuste via ISS, que é menos percebido pela comunidade.

Gráfico 3: Diferenças Percentuais Medianas de cada Unidade Tratada em Relação ao seu Controle Sintético



Fonte: Elaboração própria.

6.2. Regressões

Conforme mencionado anteriormente, com base nos resultados calculados pelo controle sintético para cada município avaliado, validados pelo teste de RMSPE, procurou-se identificar se o programa BNDES PER atinge com mais probabilidade aqueles municípios que foram mais afetados pelas catástrofes naturais. Para isso, montou-se um painel com os dados dos resultados por município e ano de referência (de t a $t + 3$), e cruzou-se essas informações com os dados do BNDES e das variáveis de controle. A partir desse painel, foram estimadas regressões em que o acesso ao apoio do BNDES PER é a variável explicada, especificada como uma variável *dummy* igual a 1 a partir do primeiro ano em que o município recebe algum valor liberado pelo banco, e 0 nos demais casos. A variável de interesse é o resultado do controle sintético calculado para a variável de PIB per capita, a qual teve as estimativas mais consistentes entre todas as variáveis avaliadas, já que desde o primeiro ano de referência após o tratamento passou a ter proporção de casos positivos abaixo do limite inferior do intervalo de confiança centrado em 0,5. Dois modelos foram estimados, um no qual o resultado do controle sintético é a única variável explicativa, outro com outras covariadas.

Os resultados, conforme mostra a tabela a seguir, evidenciam correlação negativa entre o apoio do banco aos municípios e os resultados do controle sintético para o PIB per capita em todos os modelos testados. Isso significa que o BNDES pode estar focalizando mais as situações mais graves. Além disso, verificou-se correlação positiva a participação da agropecuária no PIB e com municípios localizados nas regiões Nordeste, Norte e Sul (o modelo tomou a região Sudeste como *baseline*). A inclusão de covariadas nas regressões tornou mais evidente a magnitude do parâmetro relacionado ao resultado do controle sintético.

Tabela 5: Estimações do Acesso ao BNDES PER

	Variável Dependente:			
	Acesso ao BNDES PER			
	Logit	Efeitos-fixos	Logit	Efeitos-fixos
Constante	-0,373*** (0,098)		-1,769*** (0,396)	
Resultado Controle Sintético	-0,370*** (0,103)	-0,034** (0,017)	-0,507*** (0,132)	-0,106*** (0,022)
Transferências da União			0,189 (0,126)	0,001 (0,026)
Mortes			0,213 (0,161)	0,006 (0,011)
PIB			0,173 (0,202)	0,565*** (0,153)
% Agropecuária no PIB			0,876*** (0,207)	0,165*** (0,054)
% Indústria no PIB			0,027 (0,017)	0,001 (0,005)
% Serviços no PIB			0,841*** (0,287)	0,111 (0,093)
Região Nordeste			5,100*** (0,594)	
Região Norte			2,464*** (0,571)	
Região Sul			0,893** (0,374)	
Observações	446	446	446	446
R2		0,012		0,143
R2 Ajustado		-0,348		-0,192
Log Likelihood	-294,995		-222,128	
Akaike Inf. Crit.	593,991		466,256	
Estatística F	4,043** (df = 1; 326)		7,612*** (df = 7; 320)	

Nota:

*p<0,1; **p<0,05; ***p<0,01

Fonte: Elaboração própria.

7. Considerações Finais

O presente trabalho realizou 727 exercícios de controle sintético para verificar efeitos de catástrofes naturais como chuvas, enchentes, enxurradas e inundações sobre a economia dos municípios brasileiros afetados. Desses exercícios, 75,9% foram validados de acordo com o teste de RMSPE, sendo os ajustes piores para as variáveis tributárias. Os resultados dos exercícios verificaram inesperadamente resultados positivos para a arrecadação de impostos e com ISS. Para as demais variáveis, verificaram-se efeitos negativos, concordando com a literatura levantada para o Brasil (RIBEIRO ET AL, 2014; HALMENSCHLAGER ET AL, 2018; CASTRO E ALMEIDA, 2019), com dinâmicas distintas para cada uma. As variáveis relacionadas ao mercado de trabalho (empregos e massa salarial) e a arrecadação de IPTU tiveram descolamento no mesmo ano da calamidade; o PIB per capita, um ano depois; e o PIB, dois anos depois. Não se verificaram indícios de retorno à tendência prévia nessas variáveis, o que é uma evidência de que os custos indiretos dos desastres desempenham um papel relevante. Também foi

verificado que o PIB per capita teve resultados negativos na expressiva maioria dos municípios analisados, sendo por isso escolhido o indicador de impacto de desastres naturais incluído na estimação do acesso ao BNDES PER.

Por meio de uma análise baseada em regressões, observou-se que o acesso ao programa foi mais provável nos municípios mais atingidos pelas catástrofes, assim como com maior proporção da agropecuária no PIB e aqueles localizados nas regiões Nordeste, Norte e Sul em comparação com o Sudeste. Os resultados observados verificaram, de maneira robusta, que o programa chegou até os municípios que apresentaram as maiores perdas de PIB per capita diante de eventos como chuvas, enxurradas, enchentes e inundações. Tais resultados corroboram estudos empíricos anteriores, como de Yang (2008) e Sant'Anna (2018), que verificaram evidências de que fluxos financeiros de ajuda têm papel importante no esforço das economias em mitigar os impactos adversos de desastres naturais. Portanto, tendo em vista os objetivos traçados para o programa, pode-se afirmar que o BNDES PER apresenta boa focalização.

Para uma avaliação da efetividade desse programa, isto é, se foi de fato capaz de mitigar os impactos adversos dos desastres nos municípios, alguns fatores precisam ser levados em consideração. Em primeiro lugar, como o BNDES PER só foi disponibilizado em municípios que passaram por emergências ou calamidades públicas, há uma situação de endogeneidade em relação a eventuais estimativas sobre seus impactos sobre as economias desses municípios. Em segundo lugar, os beneficiados diretos pelo programa são empresas ou empresários individuais, de modo que essas são as unidades de observações mais apropriadas para mensurar o efeito do programa. Terceiro, mesmo em uma análise feita a nível da empresa, os recursos do BNDES PER só foram disponibilizados para as empresas que sobreviveram às catástrofes, de modo que há risco de superestimação de seus efeitos. Portanto, qualquer inferência sobre possíveis efeitos desse programa tendo como base as evidências aqui levantadas, deve ser feita com cautela.

Por fim, ressalta-se que esse trabalho foi o primeiro esforço de calcular o impacto de desastres naturais nos municípios brasileiros de maneira sistemática. Os resultados são promissores, já que foram identificados impactos negativos sobre o PIB per capita sem tendência de retorno à trajetória em até três anos após o evento, mesmo com muita dispersão, e ainda resultados positivos em algumas variáveis de arrecadação de impostos. A agenda futura de pesquisa nesse tema envolve, em primeiro lugar, identificar os determinantes das magnitudes dos impactos, com ênfase nos diferentes tipos de desastres, nas suas intensidades e no papel das instituições, riscos percebidos, níveis de desenvolvimento local e de educação relacionados aos municípios. Em segundo lugar, cabe explorar as diferenças setoriais dos impactos dos desastres. Terceiro, identificar os mecanismos de transmissão, tanto de curto prazo, como de longo prazo. Por fim, em termos de políticas públicas, cabe explorar se a autodeclaração de estado de calamidade pública deve ser um critério suficiente para que municípios recebam verbas de programas de resposta a desastres. A inclusão de medidas mais objetivas de prejuízos poderia orientar o quanto, e como, cada município necessita de ajuda para suas atividades de reconstrução.

8. Referências Bibliográficas

- ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J. The economic costs of conflict: A case study of the Basque Country. *The American Economic Review*, v. 93, n. 1, p. 113-132, 2003.
- ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. 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.
- ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Comparative politics and the synthetic control method. *American Journal of Political Science*, v. 59, n. 2, p. 495-510, 2015.
- ASSUNÇÃO, J.; COSTA, F.; SZERMAN, D. *Local Socioeconomic Impacts of Brazilian Hydroelectric Power Plants*. 2016.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge University Press. 2005.
- CASTRO, L. S.; ALMEIDA, E. Desastres e Desempenho Econômico: Avaliação de Impacto do Rompimento da Barragem de Mariana. *Geosul*, Florianópolis, v. 34, n. 70, p. 406-429, jan./abr. 2019.

CAVALLO, E.; NOY, I. Natural Disasters and the Economy A Survey. *International Review of Environmental and Resource Economics* v. 5, n. 1, p. 63–102, 2011.

CAVALLO, E.; GALIANI, S.; NOY, I.; PANTANO, J. Catastrophic Natural Disasters and Economic Growth. *The Review of Economics and Statistics*, v. 95, n. 5, p. 1549–1561, 2013.

FANKHAUSER, S.; TOL, R. On climate change and economic growth. *Resource and Energy Economics*, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 1–17, 2005.

HADDAD, E. A.; TEIXEIRA, E. Economic impacts of natural disasters in megacities: The case of floods in São Paulo, Brazil. *Habitat International*, v. 30, p. 1-8, 2014.

HALLEGATTE, S.; DUMAS, P. 2009. Can natural disasters have positive consequences? Investigating the role of embodied technical change. *Ecological Economics*, v. 68, n. 3, p. 777–786, 2009.

HALLEGATTE, S.; PRZYLUSKI, V. *The economics of natural disasters: concepts and methods*. The World Bank, Policy Research Working Paper 5507, 2010.

HALMENSCHLAGER, V.; ALMEIDA, A. N.; RIBEIRO, F. G. *Desastres Naturais e Crescimento Econômico: Evidências para o desastre na Região Serrana do Rio de Janeiro* (2011). Anais do 46o Encontro Nacional de Economia da ANPEC, 2018.

HSIANG, S. M.; JINA, A. 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.

KELLENBERG, D.; MOBARAK, A. M. The Economics of Natural Disasters. *Annual Review of Resource Economics*, v. 3, n. 1, p. 297–312, 2011.

KOUSKY, C. Informing climate adaptation: A review of the economic costs of natural disasters. *Energy Economics*, v. 46, n. Supplement C, p. 576–592, 2014.

LOAYZA, N.; OLABERRÍA, E.; RIGOLINI, J.; CHRISTIAENSEN, L. Natural Disasters and Growth: Going Beyond the Averages. *World Development*, v. 40, n. 7, p. 1317–1336, 2012.

MARTINI, R.; GRIMALDI, D.; JORDÃO, M.; PEREIRA, J.; TORTORELLI, M. *Uma solução automatizada para avaliações de impacto em estudos de caso: o Modelo Automatizado em R para Verificação de Impacto (MARVIm) - Módulo de Controle Sintético*. BNDES, Texto para Discussão 130, 2018.

NOY, I. The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, [s. l.], v. 88, n. 2, p. 221–231, 2009.

OLIVEIRA, V. H. *Natural Disasters and Economic Growth in the Northeastern Brazil: Evidence from Municipal Economies of the State of Ceará*. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), Texto para Discussão n. 122, outubro de 2017.

POPP, A. The effects of natural disasters on long run growth. *Major Themes in Economics*, v. 1, p. 61–81, 2006.

RIBEIRO, F. G.; STEIN, G.; CARRARO, A.; RAMOS, P. L. O impacto econômico dos desastres naturais: o caso das chuvas de 2008 em Santa Catarina. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 43, 2014.

SANT’ANNA, A. A. Not So Natural: Unequal Effects of Public Policies on the Occurrence of Disasters. *Ecological Economics*, v. 152, p. 273-281, outubro de 2018.

SCHUMACHER I.; STROBL, E. *Economic development and losses due to natural disasters: the role of risk*. Work. Pap. hal-00356286, Dep. Econ.,Éc. Polytech, 2008.

SIMONATO, T. C. *Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana-MG*. 182 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional, Belo Horizonte, 2017.

TOYA, H.; SKIDMORE, M. Economic development and the impacts of natural disasters. *Economics Letters*, v. 94, n. 1, p. 20-25. Jan., 2007.

YANG, D. Coping with Disaster: The Impact of Hurricanes on International Financial Flows, 1970-2002. *Advances in Economic Analysis & Policy*, v. 8, n. 1: Artic. 13, 2008.

ZOU, H. The adaptive lasso and its oracle properties. *Journal of the American Statistical Association*, v. 101, n. 1418-1429, 2006.