

O impacto do desastre ocorrido em Maceió sobre a atividade econômica de Alagoas

João Pedro Revoredo Pereira da Costa¹
Ana Paula Nunes Silva²

Resumo: Este estudo investiga o impacto do desastre de Maceió, que causou a subsidência do solo em 5 bairros da capital, sobre a atividade econômica de Alagoas. Para tanto, utilizou-se a metodologia de controle sintético, comumente usada em análises de impactos de desastres naturais na esfera econômica. Foram estimadas duas curvas contrafactuais, uma considerando todos os estados e outra apenas com os estados do Norte e Nordeste. Os resultados do primeiro exercício sugerem que o valor adicionado de Alagoas foi, em média, 4,3% menor do que teria sido caso não tivesse ocorrido o desastre, no segundo a perda foi de 2,5%.

Palavras-chave: Desastres ambientais; Maceió; Controle Sintético.

Abstract: This study investigates the impact of the Maceió disaster, which caused soil subsidence in five neighborhoods of the capital, on the economic activity of Alagoas. For this purpose, we employed the synthetic control methodology, commonly used in analyses of the economic impacts of natural disasters. Two counterfactual curves were estimated, one considering all states and the other only with the states of the North and Northeast. The results of the first year suggest that the value added of Alagoas was, on average, 4.3% lower than it would have been had the disaster not occurred, while in the second exercise, the loss was 2.5%.

Keywords: Environmental Disasters; Maceió; Synthetic Control.

JEL: C21; Q54; R11.

Área temática 1: Economia

¹ Doutorando em Economia pelo Cedeplar-UFMG.

² Doutoranda em Economia pelo Cedeplar-UFMG.

1. Introdução

Desastres podem ser definidos como eventos ou situações inesperadas, que geram grandes prejuízos, destruição e sofrimento, e podem ser classificados em naturais e tecnológicos. Desastres naturais se associam a fenômenos geológicos, biológicos, hidrológicos, meteorológicos e do clima, como chuvas, secas, temperaturas extremas, terremotos ou epidemias. Por outro lado, desastres tecnológicos se relacionam a acidentes variados, sejam eles de transporte, industriais, incêndios ou derramamentos químicos (AMARAL e GUTJAHR, 2011).

Para que se configure como desastre, um evento precisa ter ao menos 10 fatalidades, 100 pessoas afetadas, uma declaração de estado de emergência ou um pedido de assistência internacional (SCHEUREN ET AL., 2008). Segundo dados do Banco de Dados Internacional de Desastres (*The International Disaster Database: EM – DAT*), no Brasil, desde o início dos anos 2000, foram registrados 257 desastres, com 7.333 mortes e mais de 56 milhões de pessoas afetadas. Além disso, cerca de 60% destes desastres foram naturais, sendo a maioria hidrológicos e decorrentes de fortes chuvas (77%) (EM – DAT, 2024).

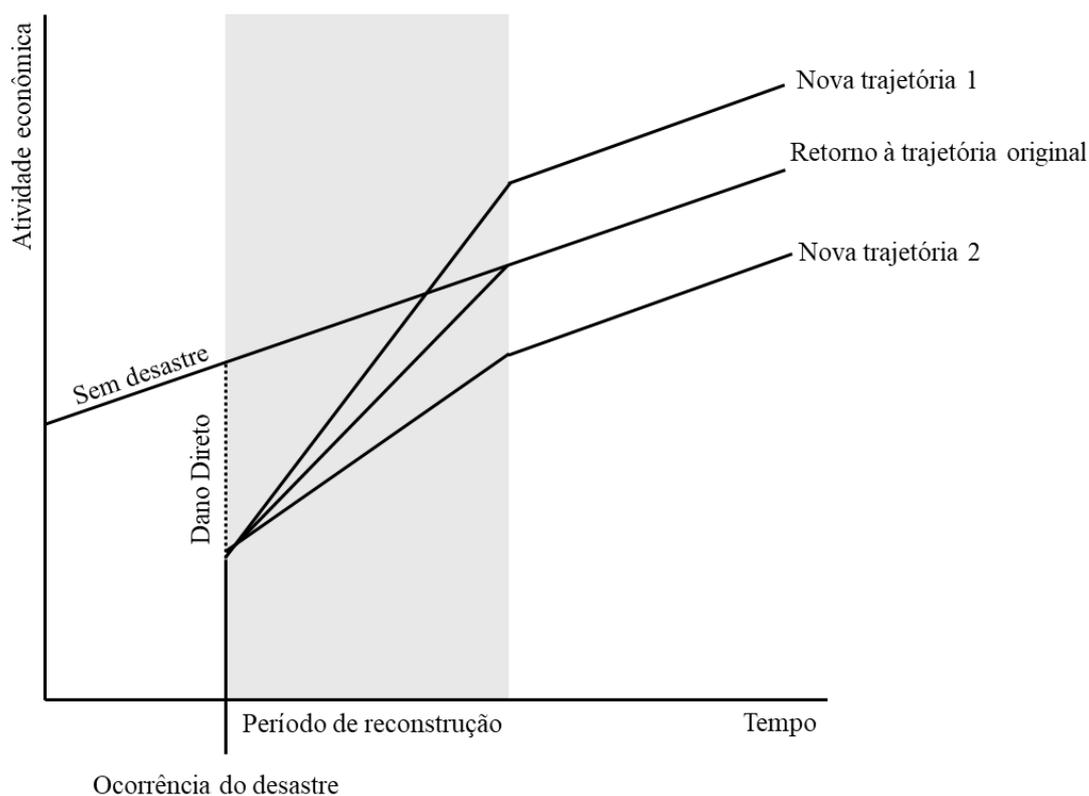
A ocorrência de desastres se associa a danos de diversas naturezas (vide danos ambientais, sociais e econômicos). Nesse sentido, existe uma vasta literatura que busca caracterizar eventos específicos, bem como identificar impactos gerados sobre as pessoas afetadas e a economia como um todo. A literatura aponta alguns conceitos que devem ser seguidos no processo de entendimento dos impactos de desastres. Na discussão especializada da economia de desastres, destaca-se como referência a metodologia estabelecida pela CEPAL (1997) para estimação de impactos econômicos de desastres naturais e tecnológicos. Esta metodologia distingue danos diretos (todo dano causado em ativos fixos, como recursos naturais, capital e outros), danos indiretos (efeitos de um desastre sobre o fluxo de bens não produzidos e serviços não realizados depois do desastre, devido a interrupção de negócios) e efeitos secundários (efeitos do desastre sobre a economia, medido pelos principais agregados macroeconômicos, como o Produto Interno Bruto). Cumpre destacar que as avaliações de impacto geralmente analisam os efeitos secundários.

Okuyama e Rose (2019) apresentam uma revisão atualizada, incluindo análises empíricas, teóricas e estudos de caso, sobre os impactos de desastres na economia. Conforme sugerem vários artigos (AVELINO e HEWINGS, 2019; KOKS ET. AL, 2019; HALLEGATTE e VOGT-SCHILB, 2019), após um desastre a trajetória da economia é interrompida por alterações tanto na oferta quanto na demanda. O deslocamento das famílias, a perda de renda, as mudanças estruturais nos padrões de consumo, os esforços de reconstrução e tantos outros fatores provocam efeitos positivos e negativos sobre a economia. Além disso, as economias das localidades afetadas por desastres podem sofrer impactos por outros canais de transmissão, como danos físicos ao capital e perda de estoque, ou pela disponibilidade limitada de insumos para produção (derivados de problemas de acessibilidade ou por interrupções nas cadeias produtivas).

Do ponto de vista teórico, segundo Chang e Miles (2004), um desastre é entendido como uma queda abrupta na disponibilidade de fatores produtivos (capital, trabalho ou terra), impactando a produção, renda e emprego de uma localidade. Ainda segundo os autores, após o evento, com o passar do tempo, a atividade econômica se ajusta, à medida que os fatores produtivos voltam a estar disponíveis (parcialmente ou em sua totalidade), podendo retomar a tendência anterior ao desastre.

A bem da verdade, é mais provável que a atividade econômica transite para uma nova trajetória, diferente da original, que pode ocorrer em virtude do esforço de reconstrução, pela mudança nas características da localidade ou pela mudança na produtividade agregada do local. A nível de exemplo, caso exista um grande esforço de reconstrução, que leve a uma melhora no capital da região, pode existir um aumento de produtividade em consequência da substituição de capital antigo por capital novo (efeito conhecido como “*build-back-better*”). A Figura 1 sintetiza as possíveis trajetórias de recuperação após a ocorrência de um desastre, sendo o cenário acima descrito representado pela “nova trajetória 1”. Nota-se que, nessa situação, a nova trajetória da atividade econômica estaria num nível superior a trajetória contrafactual.

Figura 1: Trajetórias de recuperação



Fonte: Adaptado de Chang e Miles (2004). Elaboração própria.

Considerando o referencial teórico da literatura de economia de desastres e a literatura brasileira de avaliação de impactos desse tipo de evento, pode-se elencar exemplos de estudos, como Ribeiro et al. (2014), Castro e Almeida (2019) e Castro e Almeida (2023). Os três trabalhos avaliam os impactos de diferentes desastres ocorridos no Brasil.

Ribeiro et al. (2014) investigam o impacto econômico do excesso de chuvas verificado em Santa Catarina (SC), em 2008. Os autores utilizam o método de controle sintético para identificar o impacto das do referido desastre ambiental sobre a produção industrial do estado. Além disso, posteriormente, mensuram o quanto esse impacto representa em termos agregados, olhando para o PIB. Em resumo, os resultados indicam que a produção industrial mensal foi, em média, 5,13% menor do que seria se as chuvas não tivessem ocorrido, o que representa um impacto negativo de 1,7% no nível do PIB de SC.

Na mesma direção, mas olhando para um desastre tecnológico, Castro e Almeida (2019) avaliam o impacto do rompimento da barragem de Mariana, em 2015, sobre a produção industrial do Espírito Santo (ES) e de Minas Gerais (MG), que foram afetados diretamente pelo derramamento dos rejeitos de minério no Rio Doce. Olhando para a Produção Física Industrial e a Produção Física Industrial Extrativa Mineral, os autores verificam que os impactos sobre o ES foram maiores, o que pode se justificar pela maior dependência econômica do setor extrativo mineral. MG não apresentou efeito significativo sobre a produção industrial geral, contudo, para o ES verificou-se uma redução superior a 18%. Em relação à produção extrativa mineira verificou-se uma diminuição de cerca de 15%, já para o ES o impacto foi de 25%.

Castro e Almeida (2023) também analisam o impacto do rompimento da barragem de rejeitos minerais em Brumadinho (MG), em 2019. Também aqui, faz-se uso do controle sintético, para computar o impacto do evento sobre o desempenho econômico de Minas Gerais, medido por meio da Produção Física Industrial. Os autores destacam que o diferencial metodológico aqui, baseia-se na inclusão de defasagens temporais e espaciais da variável de interesse, o que melhorou o poder preditivo e contrafactual do método, aproximando as trajetórias da Produção física industrial mineira real e sintética. Apesar de tais avanços, os autores concluem que o desastre de Brumadinho não afetou o setor industrial do estado.

Nota-se que avaliar os efeitos secundários de desastres, por meio da atividade econômica, é ponto pacífico na literatura especializada. Os trabalhos mais recentes aplicam metodologias de inferência causal para estimar os efeitos de desastres naturais e tecnológicos sobre a produção das localidades atingidas. Partindo dessa abordagem, o presente trabalho busca contribuir com a literatura de avaliação de impacto de desastres ambientais, a partir de uma análise do que tem sido caracterizado como o maior desastre socioambiental em curso no mundo. Trata-se da subsidência do solo em 5 bairros de Maceió – Pinheiro, Mutange, Bom Parto, Bebedouro e Farol –, ocasionada pela extração desregrada de sal-gema pela mineradora Braskem.

Para tanto, este trabalho se organiza em quatro seções, além desta introdução. Na próxima seção são expostos detalhes sobre o desastre de Maceió. A terceira seção reporta a estratégia empírica utilizada para avaliar o impacto do referido desastre, bem como apresenta a base de dados utilizada para o desenvolvimento da análise. A quarta seção apresenta e discute os resultados obtidos. Por fim, na quinta seção, dispõem-se as considerações finais.

2. Histórico do desastre de Maceió

Apesar da maior disponibilidade de sal-gema no território brasileiro estar localizada no estado do Espírito Santo, apenas Alagoas e Bahia promovem a extração desse mineral. A exploração de sal-gema na cidade de Maceió, capital do Alagoas, dá-se desde meados dos anos 1970, com a antiga *Salgema Indústrias Químicas Ltda.*, que veio a ser, anos depois, o *Grupo Braskem*. A Braskem é a sexta maior petroquímica do mundo e opera no Polo Cloroquímico de Alagoas, em Maceió, com a maior planta de processamento de cloro-soda e a maior produtora de policloreto de vinila (PVC) da América Latina (DIODATO, 2017).

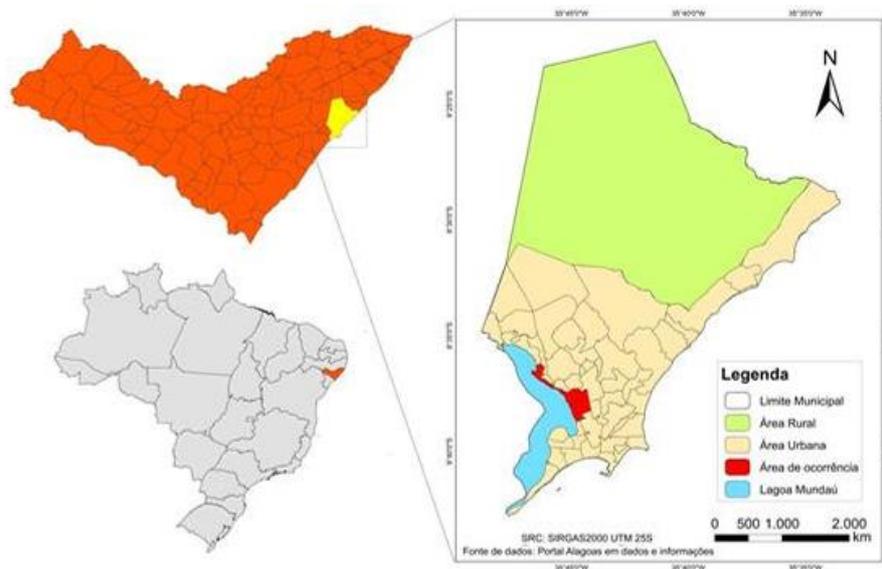
No entanto, a despeito da importância da extração de sal-gema para a economia alagoana e de Maceió, o que se verifica nos últimos anos é a ocorrência do maior desastre ambiental em curso, decorrente da desregrada extração mineral, que ocasionou a subsidência do solo de 5 bairros da capital alagoana – Pinheiro, Mutange, Bom Parto, Bebedouro e Farol. Cabe destacar que processos de subsidência podem surgir por

causas naturais, como a dissolução de rochas, ou por ação antrópica associada, por exemplo, devido ao bombeamento de águas subterrâneas ou por mineração em via subterrânea (FILHO, 2022).

No caso de Maceió, apesar de haver indícios que antecedem 2018, em março deste ano que se registrou um tremor de terra, sentido na região do bairro Pinheiro e vizinhança. Este tremor produziu danos expressivos, como fissuras, trincas e rachaduras em edificações, ruas e passeios, além da interdição de diversas moradias. A percepção da gravidade do problema fez com que a Defesa Civil de Maceió solicitasse apoio ao Serviço Geológico do Brasil, que executou pesquisa para caracterizar e identificar possíveis causas do evento. Os estudos identificaram elementos decorrentes da extração nos poços de sal-gema, como deformações nas cavernas de mineração e falhas tectônicas, que teriam causado o afundamento do terreno (TEIXEIRA ET AL., 2020; FILHO, 2022).

A Figura 2 reporta o mapa dos bairros de Maceió, com destaque para a região afetada pelo afundamento do solo, que compreende os bairros Pinheiro, Mutange, Bom Parto, Bebedouro e Farol. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a capital alagoana possui uma área territorial de 509 Km², sendo a área afetada pelo desastre equivalente a 8,3 Km². Além disso, os dados do Censo de 2010 mostram que Maceió possuía 932.748 habitantes e 61.497 destes residiam na região atingida, cerca de 6,6% da população.

Figura 2: Localização da área atingida no município de Maceió



Fonte: Teixeira et al. (2020).

Olhando mais detidamente para cada um dos bairros, o Pinheiro é descrito como um bairro residencial e de alta renda, que abriga a maior população dentre as localidades atingidas, com 19.062 habitantes, além da segunda maior densidade demográfica (9.627 hab./km²). O Farol se assemelha ao Pinheiro, por se tratar de um bairro de renda alta, além de ter a segunda maior população, com 16.859 habitantes e uma densidade demográfica de cerca de 5.601 hab./km². Com populações de 10.103, 2.632 e 12.841 habitantes, os bairros Bebedouro, Mutange e Bom Parto, respectivamente, apresentam características diferentes dos demais. Por estarem em um terreno acidentado, com muitas irregularidades estruturais como encostas e grotas, durante o processo de

crescimento da cidade essa área foi ocupada por uma população de baixa renda (SANTOS ET AL., 2021; FILHO, 2022).

Cumprir destacar que a subsidência do solo minou a possibilidade de habitação nos bairros supracitados e que, desde a delimitação da área de risco, os bairros foram sendo desocupados e a população residente indenizada. Todavia, a despeito da decisão de desocupar os bairros afetados, é relevante olhar para os prejuízos das famílias e da cidade em si de forma ampla. São evidentes os danos ambientais causados, os reflexos sobre a população, que sofreu uma desocupação forçada, e os comércios locais, que deixaram de existir. Mais que isso, a cultura de Maceió também sofreu em virtude do desastre, através de perdas de patrimônio material, como casarões coloniais, e de patrimônio imaterial, associado, por exemplo, às tradicionais festas juninas das localidades (TEIXEIRA, 2020; SANTOS ET AL., 2021; MANHAS, 2022).

3. Estratégia Empírica

Esta seção se propõe a discutir a metodologia de controle sintético, bem como apresentar os dados utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Para tanto, apresenta-se a estrutura do modelo e sua abordagem contrafactual. Além disso, dispõem-se todos os dados utilizados no exercício de avaliação de impacto do desastre.

3.1. Metodologia

A metodologia de controle sintético é uma técnica de estimação causal desenvolvida por Abadie e Gardeazabal (2003) comumente utilizada em análises econômicas e de avaliação de políticas públicas para estimar os efeitos de um evento em uma determinada variável de interesse.

Para resolver o problema do contrafactual, a metodologia propõe a comparação entre duas unidades: a unidade tratada, isto é, afetada pelo choque, e a unidade sintética, não atingida pelo choque e composta por uma combinação de unidades com tendências semelhantes às da unidade tratada antes do choque.

A unidade sintética é, portanto, a média ponderada das unidades de controle que melhor reflete as características observáveis e de tendência da unidade tratada pré-tratamento, conforme a fórmula abaixo:

$$Y_{1t}^N = \sum_{j=2}^{J+1} w_j Y_{jt} \quad (1)$$

Em que, Y_{1t}^N , o contrafactual construído artificialmente, corresponde à média ponderada da variável de interesse (Y_{jt}) das outras j unidades disponíveis na amostra. O peso atribuído a cada uma dessas unidades é dado por w_j .

A seleção dos pesos atribuídos a cada uma das unidades disponíveis na amostra é definida a partir de um vetor de pesos calculado de modo a minimizar a diferença entre a tendência da variável de interesse na unidade tratada e a tendência da variável de interesse na unidade sintética antes do evento³, definido por:

$$|X_1 - X_0 W| = \sqrt{\sum_{h=1}^k v_h (x_{h1} - w_2 X_{h2} - \dots - w_{j+1} X_{hj+1})^2} \quad (2)$$

Definido o vetor de pesos e a composição da unidade sintética que proporciona um elemento comparativo através desse processo de otimização, é feita a estimação.

³ Para mais detalhes sobre o controle sintético, veja Abadie et al. (2010).

Ribeiro et al. (2014) sintetizam a hipótese de identificação do modelo da seguinte maneira:

A hipótese central para a identificação do impacto de interesse e do estabelecimento da relação causal é que o processo estrutural, que gera a trajetória da variável de interesse da unidade tratada, é idêntico ao processo que gera a mesma trajetória das unidades controles. Dessa forma, quaisquer choques, em qualquer período de tempo (que não o choque de interesse), que tenham ocorrido durante a janela de investigação do estudo devem afetar, da mesma forma, a variável dependente de todas as unidades (RIBEIRO ET AL., 2014, p. 306).

Em outras palavras, qualquer choque, em qualquer período do tempo (que não seja o choque estudado), deve afetar todas as unidades (as UFs que compõem a unidade sintética e Alagoas) de forma homogênea. Satisfazendo essa condição, a diferença entre as trajetórias fica restrita ao choque estudado. A implicação disso é que o impacto estimado é devido exclusivamente ao evento de interesse. Segundo Abadie et al. (2015), a violação desse pressuposto acarreta a série contrafactual ser contaminada pelo efeito de outros choques exógenos – o contrafactual deixa de ser considerado fidedigno.

Segundo Abadie et al. (2015), para realizar inferência estatística através desse método são procedidos alguns passos. O primeiro é a razão MSPE (*Mean Squared Prediction Error*, ou erro quadrático médio da previsão) pós/pré-tratamento. Esse procedimento avalia o distanciamento entre as curvas factual e contrafactual pré e pós-tratamento, isto é, quanto maior essa estatística, mais as curvas se distanciaram após o tratamento (desastre de Maceió).

O segundo passo para realizar inferência estatística é a realização do teste de placebo. Este teste avalia a excepcionalidade do distanciamento entre as curvas da unidade tratada e a sua unidade sintética. Para isso, falseia-se a unidade de tratamento, reproduzindo o procedimento do controle sintético para cada uma das demais UFs que compõe a base de dados.

Na sequência do teste placebo, compara-se a distância entre as curvas nos períodos pré e pós-tratamento – reproduzindo o teste da razão MSPE – para todos os placebos, e ordenando-os do maior para o menor. A partir dessa ordenação, identifica-se a posição da UF em que o evento de fato ocorreu, e se calcula o p-valor pela divisão entre a posição da UF e o total de UFs utilizadas com placebo⁴.

Como as unidades placebos não sofreram impacto do evento, espera-se que as respectivas razões MSPE sejam inferiores a razão da unidade tratada, de maneira que a razão MSPE da UF investigada se destaque das demais. Esse resultado sugere que o evento impactou a variável analisada. Por outro lado, caso a razão MSPE da unidade investigada não se destaque, o teste sugere que o resultado não é estatisticamente significativo.

Cumprido destacar que existem outras metodologias utilizadas para avaliação de impacto, que são amplamente utilizadas na literatura econômica que avalia desastres. O método de diferenças em diferenças (CARRILLO ET AL., 2020; NIQUITO ET AL., 2021) ou modelos de equilíbrio geral computável (SIMONATO, 2017; DOMINGUES ET AL., 2020) são exemplos de metodologias alternativas para avaliação de impacto.

Considerando a abordagem econométrica, conforme Castro e Almeida (2023), o modelo de controle sintético se mostra mais adequado que o modelo de diferenças em diferenças para avaliar o impacto do desastre de Maceió por dois motivos: (i) levar em consideração as características idiossincráticas não observáveis, variantes e

⁴ Considerando 27 unidades (a unidade tratada e 26 placebos): se a unidade tratada figurar na primeira posição no ordenamento (se ela apresentar a maior razão MSPE dentre todas as unidades), o cômputo p-valor pode ser encontrado através da razão $1/27$, resultando em 0,03.

invariantes ao longo do tempo. Diferenças em diferenças considera apenas as características invariantes no tempo e; (ii) necessitar de menos dados para realizar a estimação – fator relevante devido aos dados utilizados serem de frequência anual.

Ao analisar avaliações de impacto via modelos de equilíbrio geral computável, nota-se, também, certa vantagem para o controle sintético. O principal fator para o uso da abordagem econométrica é a necessidade de menos dados e informações sobre a estrutura produtiva das unidades de análise. Os modelos de equilíbrio geral oferecem rico detalhamento de resultados, mas exigem maior quantidade de informações para sua calibração. Desta forma, opta-se pela abordagem econométrica, considerando a disponibilidade das informações.

A aplicação deste trabalho consiste em desenvolver o modelo de controle sintético para o valor adicionado bruto de Alagoas. Para tanto, utiliza-se uma base de dados anual, de 2011 a 2020, com informações que serão descritas a seguir. Além disso, optou-se por definir os anos de 2015 a 2017 (três anos imediatamente anteriores ao evento) como o período de otimização dos pesos, bem como usar o próprio valor adicionado bruto do estado de Alagoas, no mesmo período, como variável de controle – visando o melhor ajustamento do modelo (o uso da variável de interesse como uma preditora é indicado por Abadie et al. (2015)).

Destaca-se ainda que para a construção da unidade sintética, a base de dados é relevante, por ela representar o conjunto de possíveis doadores de características (*donor pool*). Desta forma, o trabalho desenvolveu as análises com baseado em dois conjuntos de dados: (i) uma base de dados completa (com todas as Unidades Federativas da União) e; (ii) uma base de dados restrita (com apenas UFs do Norte e Nordeste). Em ambos os exercícios foram utilizados as mesmas variáveis e o mesmo período, sendo a única diferença entre elas a quantidade de UFs em cada conjunto de dados. O choque foi definido em 2018 nos dois exercícios, dado que o evento foi deflagrado em março daquele ano.

3.2. Dados

A unidade de análise utilizada para o desenvolvimento do exercício foram as Unidade Federativas (UFs). Visando compreender como o desastre de Maceió afetou a performance econômica do estado de Alagoas, empregou-se o valor adicionado bruto como variável de interesse (dependente).

Para as variáveis independentes, utilizou-se a composição setorial das economias estaduais (participação da indústria, dos serviços, da agropecuária e da administração pública), a quantidade de pessoas com vínculo formal de emprego de cada estado, a média de anos de estudo da população com mais de 25 anos de cada unidade, o tamanho da população, a arrecadação de ICMS e as transferências constitucionais obrigatórias realizadas pela União para cada UF.

Estas variáveis são amplamente utilizadas pela literatura nacional que avalia desastres através de modelos de controle sintético. Ribeiro et al. (2014), por exemplo, emprega as transferências da União, o valor de ICMS arrecadado, o emprego e a média de anos de estudos da população com mais de 25 anos como variáveis independentes em seu estudo.

Um diferencial dos dados utilizados no presente trabalho é o uso da composição setorial da economia como controle para construção da unidade sintética. Condicionar que a unidade sintética tenha estrutura produtiva similar a de Alagoas é entendido como uma forma de melhorar a qualidade do ajuste do modelo. Esta decisão metodológica gera uma limitação na estrutura dos dados – as informações sobre a

composição setorial são anuais. Ou seja, para condicionar que a composição setorial seja considerada pelo modelo, o exercício foi procedido com dados de frequência anual, de 2011 a 2020. A Tabela 1 apresenta os dados utilizados e suas respectivas fontes.

Tabela 1: Descrição das variáveis utilizadas

Variável	Tipo	Descrição	Fonte
VA	Dependente	Valor adicionado bruto a preços correntes total (R\$ milhões)	IBGE/SCR
Participação indústria	independente	Participação da indústria no Valor Adicionado Bruto (%)	IBGE/SCR
Participação serviços	independente	Participação dos serviços no Valor Adicionado Bruto (%)	IBGE/SCR
Participação agropecuária	independente	Participação da agropecuária no Valor Adicionado Bruto (%)	IBGE/SCR
Participação administração pública	independente	Participação da administração pública no Valor Adicionado Bruto (%)	IBGE/SCR
Emprego	independente	Vínculo formal de emprego (pessoas)	RAIS
Transferências	independente	Transferências constitucionais obrigatórias (R\$ milhões)	STN
População	independente	População residente estimada (pessoas)	IBGE
Educação	independente	Média de anos de estudo da população com mais de 25 anos (anos)	IBGE/PNAD Contínua
ICMS	independente	Arrecadação de ICMS (R\$ milhões)	Confaz

Elaboração própria.

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis consideradas na análise, no ano de 2020. Nota-se grande variabilidade entre as regiões no que diz respeito à atividade econômica, ao emprego, às transferências, à arrecadação de ICMS e à composição setorial da economia. Um exemplo dessa variabilidade é a participação da indústria no valor adicionado total. A UF com menor participação da indústria em 2020 teve apenas 4,6% do valor adicionado total da sua economia derivado desse setor, enquanto a média das UFs é de 20,2% e a UF com maior participação desse setor teve um percentual de 42,5%. Por outro lado, as UFs não apresentam grande variabilidade na variável de educação.

Tabela 2: Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas em 2020

Variável	Mínimo	Média	Máximo
VA	R\$ 14.524	R\$ 244.257	R\$ 2.014.850
Participação indústria	4,6%	20,2%	42,5%
Participação serviços	28,5%	44,9%	67,3%
Participação agropecuária	0,6%	9,6%	28,8%
Participação administração pública	9,8%	25,3%	48,0%
Emprego	101.770	1.712.451	13.250.355
Transferências	R\$ 2.555	R\$ 7.024	R\$ 20.782
População	631.181	7.842.803	46.289.333
Educação	8	10	12
ICMS	R\$ 1.016	R\$ 19.261	R\$ 149.823

Elaboração própria.

Importante frisar que dois exercícios foram precedidos. O primeiro conta com uma base de dados com todas as UFs (chamado de exercício 1). O segundo conta com uma base de dados reduzida, apenas com UFs do Norte e Nordeste (chamado de exercício 2). As estatísticas descritivas supracitadas são referentes a base de dados completa.

4. Resultados e discussão

Esta seção se dedica a apresentar os impactos do desastre ocorrido em Maceió sobre a atividade econômica do estado de Alagoas e proceder testes placebo visando realizar inferências estatísticas dos resultados.

4.1. Impactos do desastre sobre a atividade de Alagoas

Com base nas variáveis independentes utilizadas para especificar o modelo, a metodologia de controle sintético identifica as unidades federativas que compõem a unidade sintética e seus respectivos pesos. Os pesos calculados para formar a unidade de controle estão na Tabela 3. Dois exercícios foram procedidos no desenvolvimento da presente análise: (i) com base de dados completa – utilizando todas as UFs da União; (ii) com base de dados reduzida – contando apenas com UFs das regiões Norte e Nordeste.

No primeiro exercício, cinco estados contribuíram para composição de Alagoas sintética: Rondônia (1,1%), Maranhão (14,4%), Piauí (68,6%), Sergipe (10,7%) e Mato Grosso do Sul (5,1%). Por sua vez, no segundo exercício, quatro UFs obtiveram peso na composição da unidade de controle: Rondônia (3,7%), Maranhão (21,3%), Piauí (52,8%) e Sergipe (22,1%). Nota-se consistência nos estados que compõem Alagoas sintética, havendo repetição das UFs em ambos os exercícios, com exceção de Mato Grosso do Sul, que não está presente na base de dados do segundo exercício.

Tabela 3: Composição de Alagoas sintética

UF	Pesos exercício 1	Pesos exercício 2
Rondônia	1,1%	3,8%
Acre	0,0%	0,0%
Amazonas	0,0%	0,0%
Roraima	0,0%	0,0%
Pará	0,0%	0,0%
Amapá	0,0%	0,0%
Tocantins	0,0%	0,0%
Maranhão	14,4%	21,3%
Piauí	68,6%	52,8%
Ceará	0,0%	0,0%
Rio Grande do Norte	0,0%	0,0%
Paraíba	0,0%	0,0%
Pernambuco	0,0%	0,0%
Sergipe	10,7%	22,1%
Bahia	0,0%	0,0%
Minas Gerais	0,0%	-
Espírito Santo	0,0%	-
Rio de Janeiro	0,0%	-
São Paulo	0,0%	-
Paraná	0,0%	-
Santa Catarina	0,0%	-
Rio Grande do Sul	0,0%	-
Mato Grosso do Sul	5,1%	-
Mato Grosso	0,0%	-
Goiás	0,0%	-
Distrito Federal	0,0%	-

Elaboração própria.

A Tabela 4 apresenta as médias para o período pré-tratamento das variáveis analisadas de Alagoas e suas duas unidades sintéticas (referentes aos exercícios 1 e 2). Além disso, apresenta-se o peso (ou relevância) que cada variável recebeu para a estimação dos pesos de cada estado nos dois exercícios.

Tabela 4: Médias do período pré-tratamento de Alagoas e Alagoas sintética

Variáveis	Alagoas	Sintético exercício 1	Sintético exercício 2	Peso das variáveis exercício 1	Peso das variáveis exercício 2
VA	R\$ 37.939	R\$ 38.516	R\$ 38.916	4,2%	7,0%
Participação indústria	16,6%	16,3%	17,5%	8,3%	3,9%
Participação serviços	44,8%	45,1%	44,9%	14,3%	8,0%
Participação agropecuária	12,3%	8,2%	7,8%	0,0%	0,2%
Participação administração pública	26,3%	30,4%	29,8%	7,1%	10,1%
Emprego	501.837	482.317	484.028	10,0%	2,2%
Transferências	R\$ 3.158	R\$ 3.481	R\$ 3.707	18,3%	0,7%
População	3.286.748	3.562.766	3.692.903	7,5%	26,6%
Educação	7	7	7	16,2%	10,3%
ICMS	R\$ 2.967	R\$ 3.387	R\$ 3.270	14,1%	31,0%

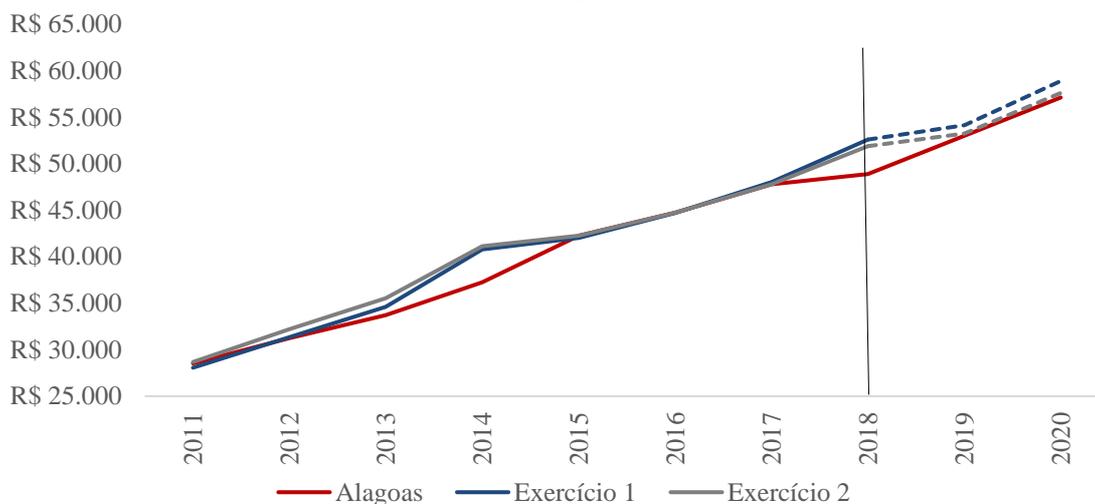
Elaboração própria.

Da Tabela 4, pode-se avaliar o quão preciso foi o controle sintético em reproduzir as médias das variáveis pré-tratamento. A média pré-tratamento do valor adicionado das unidades sintéticas apresentou bom ajustamento em relação a verdadeira média dessa variável. O mesmo ocorreu com outras variáveis como educação e as participações setoriais da indústria e dos serviços. O ajuste menos preciso ocorreu nas participações setoriais da agropecuária e da administração pública.

Referente ao peso das variáveis para a estimação dos pesos de cada UF, destaca-se que a variável menos relevante foi a participação setorial da agropecuária nos dois exercícios. Por outro lado, a variável mais relevante do exercício 1 foram as transferências constitucionais e no exercício 2 foi a arrecadação de ICMS.

Após calcular os pesos das UFs com base nas variáveis, pode-se construir as unidades sintéticas que melhor reproduzem o comportamento do valor adicionado de Alagoas pré-desastre. Na sequência, observa-se as trajetórias completas da atividade econômica factual e dos contrafactuais construídos. O Gráfico 1 apresenta os resultados.

Gráfico 1: Trajetórias do valor adicionado de Alagoas e das unidades sintéticas, em R\$ milhões nominais, de 2011 a 2020



Elaboração própria.

Até 2017, as três trajetórias apresentam bom ajustamento, sugerindo a qualidade das unidades sintéticas como controles para a estimação do impacto. Todavia, a partir de 2018, as trajetórias se separam, principalmente no exercício 1 – que apresenta afastamentos mais expressivo. Em ambos os casos, as séries sintéticas ficam acima da trajetória factual a partir do ano do desastre. Este fenômeno colabora com a ideia de que o desastre ocorrido em Maceió teria impactado a atividade econômica de Alagoas. Em outras palavras, de acordo com a metodologia utilizada neste estudo, tal evento teria impactado negativamente o valor adicionado da UF analisada.

Calcula-se a razão entre o valor adicionado observado e o que teria sido na ausência do desastre. Após esse procedimento, encontra-se a média para o período posterior ao desastre. Essa estatística para o exercício 1 indica que o valor adicionado de Alagoas foi em média 4,3% menor do que teria sido se não tivesse ocorrido o desastre. A mesma estatística no exercício 2 sugere que a perda média seria de 2,5%.

Ao analisar produções da literatura especializada em impactos econômicos de desastres, encontram-se resultados diversos (RIBEIRO ET AL., 2014; CASTRO e ALMEIDA, 2019; CASTRO e ALMEIDA, 2023). Ribeiro et al. (2014) analisaram o impacto das chuvas de 2008 em Santa Catarina e encontram que esse evento acarretou perda de, em média, 5,13% na produção industrial mensal do estado. Por outro lado, Castro e Almeida (2019; 2023) encontram que os eventos de Mariana e Brumadinho não afetaram a produção industrial mensal de Minas Gerais. Destaca-se que todas estas investigações avaliam os impactos de curto prazo dos desastres.

Para o resultado do estudo em tela, chama a atenção a mudança de trajetória do valor adicionado observado de Alagoas. A taxa de crescimento média anual⁵ entre 2011 e 2017 era de 9,0% ao ano, valor substancialmente superior a variação entre 2017 e 2018, que foi equivalente a 2,3%. O exercício 1 estimou que a variação percentual entre esses anos seria de 9,6%. Por sua vez, o exercício 2 encontrou um crescimento de 8,6% nesse período. Em ambos os casos, a variação percentual estimada estaria mais próxima do crescimento médio anual histórico do estado. Ou seja, pode-se pensar que o desastre ocorrido no início de 2018 afetou o crescimento econômico do estado nesse ano, reduzindo substancialmente o crescimento médio da UF.

⁵ Calculada a partir da taxa de crescimento anual composta.

Por outro lado, a partir do segundo ano, 2019, nota-se certa convergência da trajetória factual e dos contrafactuais. Este resultado sugere que os impactos estariam concentrados no ano de ocorrência do desastre.

4.2. Testes Placebo e inferência estatística

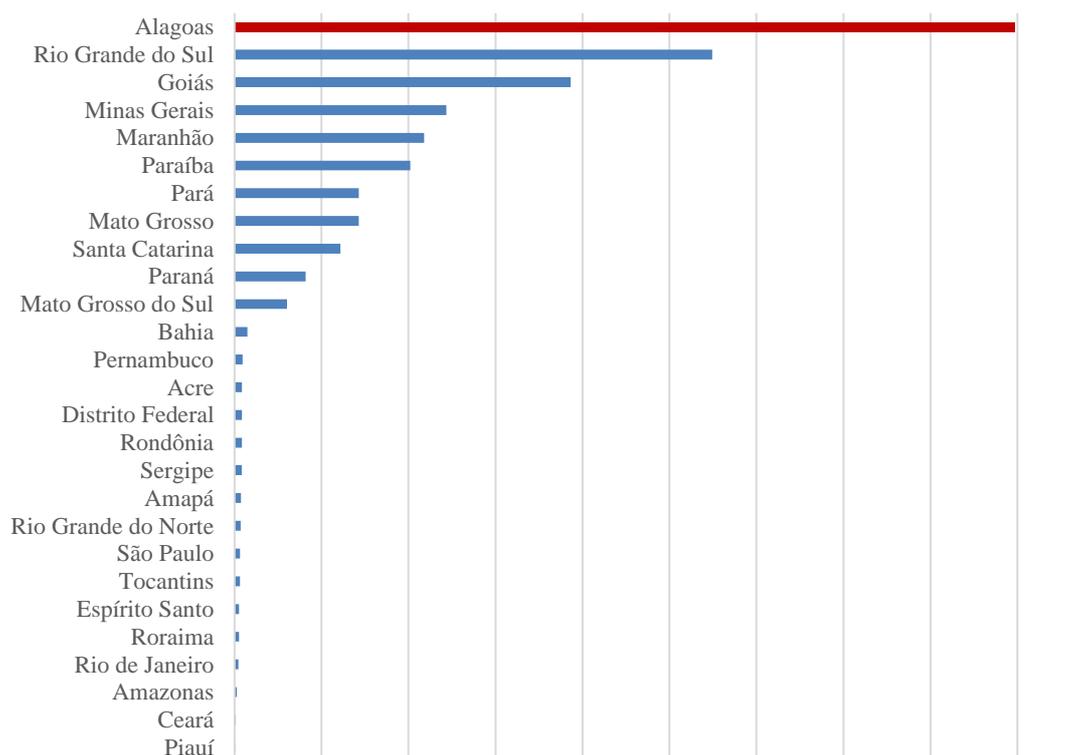
Para proceder a inferência estatística dos achados deste trabalho, procede-se o teste placebo da razão pós/pré-tratamento, conforme apresentado na seção metodológica.

Cumprе relembrar que a inferência é procedida através da avaliação da excepcionalidade do efeito tratamento (distanciamento entre as curvas factual e contrafactual após o tratamento, medido pela razão MSPE). Este procedimento é indicado por Abadie et al. (2011; 2015).

Em linhas gerais, ambos os exercícios indicaram que o choque ocorrido em Maceió teria gerado um afastamento excepcional entre as curvas de Alagoas (observada e sintética), sugerindo que o resultado obtivo é significativo.

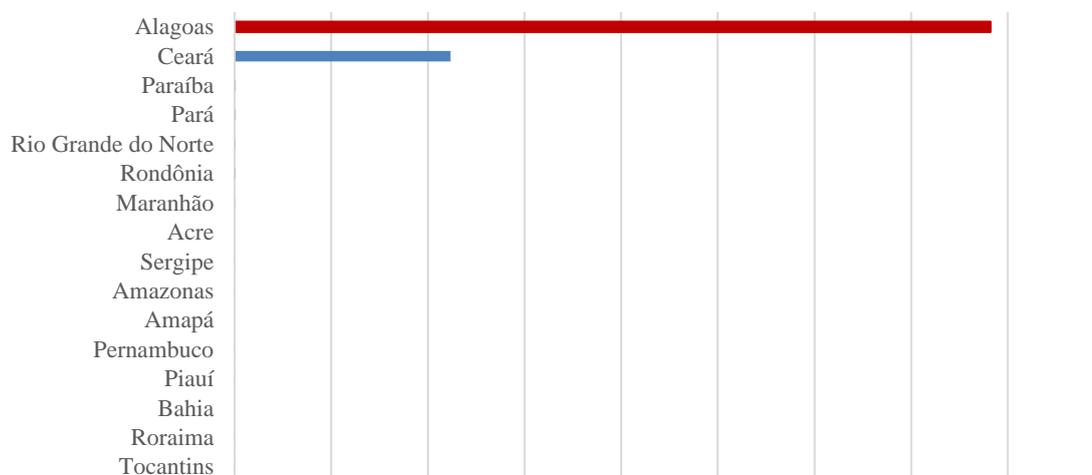
Os Gráficos 2 e 3 ilustram os resultados dos testes de placebo e as razões do MSPE pós/pré-tratamento de Alagoas e todas as unidades utilizadas como placebo em cada um dos exercícios.

Gráfico 2: Razão do MSPE pós e pré-tratamento, Alagoas e placebos, exercício 1



Elaboração própria.

Gráfico 3: Razão do MSPE pós e pré-tratamento, Alagoas e placebos, exercício 2



Elaboração própria.

Em suma, através os testes de placebo, nota-se a significância dos resultados apresentados anteriormente, com p-valor de 0,03⁶ no primeiro exercício e de 0,06⁷ no exercício 2. Em ambos os exercícios, o afastamento das curvas de Alagoas foi substancialmente superior ao computado para os placebos. Deste modo, pode-se dizer que o desastre de Maceió teve impacto negativo e significativo sobre a atividade econômica da UF.

5. Conclusão

A extração desregada de sal-gema pela mineradora Braskem causou a subsidência do solo em 5 bairros de Maceió, o que tem sido caracterizado como o maior desastre socioambiental em curso no mundo. Dito isto, o presente trabalho buscou investigar os impactos desse desastre sobre a atividade econômica de Alagoas.

Para tanto, utilizou-se a metodologia de controle sintético que, conforme a literatura aponta, é adequada para avaliar os impactos de desastres naturais na esfera econômica. Ao todo, como teste de robustez dos resultados, foram estimadas duas curvas contrafactuais, uma que considera todas as UFs (exercício 1) e a segunda que analisa apenas os estados do Norte e Nordeste (exercício 2).

No que tange os resultados, a estatística para o exercício 1 indica que o valor adicionado de Alagoas foi em média 4,3% menor do que teria sido se não tivesse ocorrido o desastre. A mesma estatística no exercício 2 sugere que a perda média seria de 2,5%. Ou seja, os achados sugerem que o desastre afetou negativamente a atividade econômica do estado.

Chama a atenção a mudança de trajetória do valor adicionado observado de Alagoas. A taxa de crescimento média anual do estado entre 2011 e 2017 (9,0% a.a.) foi substancialmente superior a variação observada entre 2017 e 2018 (2,3%). Ambas as unidades sintéticas apresentaram crescimento próximo ao histórico do estado entre 2017 e 2018 (9,6% no exercício 1 e 8,6% no exercício 2). Pode-se pensar que o desastre

⁶ Após o ordenamento das unidades, em termos da razão MSPE, Alagoas ficou em 1º das 27 unidades, culminando no p-valor de 1/27, ou 0,03.

⁷ Após o ordenamento das unidades, em termos da razão MSPE, Alagoas ficou em 1º das 16 unidades, culminando no p-valor de 1/16, ou 0,06.

ocorrido no início de 2018 afetou o crescimento econômico de Alagoas nesse ano, reduzindo substancialmente o crescimento médio da UF. Por outro lado, a partir do segundo ano, 2019, nota-se certa convergência da trajetória factual e dos contrafactuais. Este resultado indica que os impactos estariam concentrados no ano de ocorrência do desastre. Frisa-se que os testes de placebo foram aplicados, que validam os resultados obtidos.

Cabe destacar que os impactos negativos estimados são de curto prazo, focalizados em três anos após o evento, não refletindo os efeitos de longo prazo para a economia local. O desastre de Maceió ainda está em curso, é possível que haja outros prejuízos para a economia local e de Alagoas como um todo. Além disso, apesar de não ser o foco deste trabalho, é importante considerar que também podem ocorrer impactos de outras naturezas, ambiental, social e cultural.

Por fim, a contribuição deste estudo é a quantificação do impacto de curto prazo do desastre de Maceió sobre a economia alagoana. Destaca-se ainda, que o trabalho se restringe aos efeitos econômicos desse desastre, não investigando demais dimensões relevantes. Aspectos psicológicos da população afetada, histórico-culturais dos bairros, bem como ambientais merecem análises específicas para melhor compreender os impactos totais do fenômeno.

6. Referências

- 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**, 105, issue 490, p. 493-505, 2010.
- ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Synth: An R Package for Synthetic Control Methods in Comparative Case Studies. **Journal of Statistical Software**, v. 42, n. 13, p. 1–17, 2011.
- 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.
- ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J. The economic costs of conflict: A case study of the Basque country. **American Economic Review**, v. 93, n. 1, p. 113-132, 2003.
- AMARAL, R.; GUTJAHR, M. R. Desastres Naturais. **Série Cadernos de Educação Ambiental**. v. 8, São Paulo. 2011.
- AVELINO, A. F. T.; HEWINGS, G. J. D. The Challenge of Estimating the Impact of Disasters: Many Approaches, Many Limitations and a Compromise. **Advances in Spatial Science**, in: Okuyama, Y., Rose, A. (ed.), **Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts**. p. 163-189, Springer. 2019.
- CARRILLO, B.; DA MATA, D.; EMANUEL, L.; LOPES, D.; SAMPAIO, B. Avoidable environmental disasters and infant health: Evidence from a mining dam collapse in Brazil. **Health Economics**, v. 29, n. 12, p. 1-9, 2020.
- CASTRO, L. S.; ALMEIDA, E. S. Desastres e desempenho econômico: avaliação do impacto do rompimento da Barragem de Mariana. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 406-429, 2019.
- CASTRO, L. S. de; ALMEIDA, E. S. de. Avaliação do desastre de Brumadinho no desempenho econômico de Minas Gerais. **Nova Economia**, v. 33, n. 2, p. 421–447, 2023.
- CEPAL. Assessment of the Economic Impact of Natural and Man-Made Disasters - Expert Consultation on Methodologies (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters - European Commission Humanitarian Office, 1997, 31 p.). 1997.

CHANG, S.E., MILES, S.B. The Dynamics of Recovery: A Framework. **In: Okuyama, Y., Chang, S.E. (ed.) Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters. Advances in Spatial Science.** Springer, Berlin, Heidelberg. 2004.

DIODATO, R. V. **Da concepção de um polo cloroquímico ao desenvolvimento da cadeia produtiva da química e do plástico de Alagoas.** Dissertação de Mestrado em Geografia - Universidade Federal de Alagoas (UFAL). 2017.

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; CARDOSO, D. F.; SIMONATO, T. C.; NAHAS, M. Impactos econômicos da paralisação de parte da produção mineral em Minas Gerais decorrentes do desastre de barragem em Brumadinho. **Revista Eletrônica Gestão e Sociedade**, v. 14, p. 3.463-3.479, 2020.

EM-DAT – Emergency Events Database. The International Disasters Database. Disponível em: < <https://www.emdat.be/> >. Acesso em: 21/05/2024.

FILHO, J. R. G. B. Análise Sobre os Impactos da Atividade Extrativa Mineral de Sal-gema em Maceió/AL. Dissertação de Mestrado em Geografia - Universidade Federal de Alagoas (UFAL). 2022.

KOKS E.; PANT R.; HUSBY, T.; TOBBEN J.; OOSTERHAVEN J. Multiregional Disaster Impact Models: Recent Advances and Comparison of Outcomes. **Advances in Spatial Science, in: Okuyama, Y., Rose, A. (ed.) Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts. Advances in Spatial Science.** p 191-218. 2019.

HALLEGATTE, S.; VOGT-SCHILB, A. Are Losses from Natural Disasters More Than Just Asset Losses? The Role of Capital Aggregation, Sector Interactions, and Investment Behaviors. **Advances in Spatial Science, in: Okuyama, Y., Rose, A. (ed.) Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts. Advances in Spatial Science.** p 15-42. 2019.

MANHAS, A. C. B. S. A Perda do Patrimônio Cultural em Decorrência do Maior Desastre Ambiental em Curso no Mundo: o caso da subsidência dos bairros em Maceió (AL). **Revista Jatobá**, v. 4, 2022.

NIQUITO, T. W.; POZZOBON, F.; HALMENSCHLAGER, V.; RIBEIRO, F. G. Human-made disasters and economic impact for a developing economy: Evidence from Brazil. **Natural Hazards**, v. 109, p. 2.313-2.341, 2021.

OKUYAMA, Y.; ROSE, A. Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts: Introduction. **Advances in Spatial Science, in: Okuyama, Y., Rose, A. (ed.), Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts.** P. 1-11. 2019.

OKUYAMA, Y.; ROSE, A. Advances in Spatial and Economic Modeling of Disaster Impacts. Springer. 2019.

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.

SANTOS, C. G.; MENDONÇA, I. Q.; OLIVEIRA, J. G. J.; OLIVEIRA, K. L. C.; MARQUES, L. F.. A necessidade de evacuação de bairros em Maceió-AL e os impactos urbanos socioespaciais: novos desafios para o planejamento urbano. **In: 9º Congresso Lusobrasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável.** 2021. p. 01-13.

SCHEUREN, J. M.; LE POLAIN DE WAROUX, O.; BELOW, R.; GUHA-SAPIR, D.; PONSERRE, S. Annual Disaster Statistical Review: the numbers and Trends 2007. Brussels: Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 2008.

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

TEIXEIRA, A. F. M.; NASCIMENTO, C. H. V.; SILVA, C. S.; LIMA, J. R. B.; FRAGOSO, M. L. B. A lógica do Discurso Ambientalista Empresarial: Da Extração de Sal-gema aos Impactos no Ambiente Urbano. Recife, v. 9, 2020.