

DESASTRES NATURAIS E INFRAESTRUTURA ESCOLAR: EVIDÊNCIAS DOS DESLIZAMENTOS DE TERRA DO RIO DE JANEIRO EM 2011

Ronisson Lucas Calmon da Conceição

Doutorando em Economia Aplicada no Programa de Economia da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Pedro Jorge Holanda Figueiredo Alves

Doutor em Economia pela Universidade Católica de Brasília (UCB). Pesquisador bolsista do Instituto de Pesquisa Econômica (IPEA).

Lucas Emanuel da Silva

Doutor em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia na Universidade Federal de Pernambuco (PIMES-UFPE). Professor da Faculdade de Economia da UFBA.

Ricardo Carvalho de Andrade Lima

Doutor em Economia pelo PIMES-UFPE. Professor do programa de Pós-graduação em Economia e do Programa de Políticas Públicas da UCB e analista pericial em economia do Ministério Público Federal (MPF).

Gervásio Ferreira dos Santos

Doutor em Economia pelo Programa de Pós-Graduação em Economia na Universidade de São Paulo (FEA-USP). Professor da Faculdade de Economia da UFBA.

RESUMO

O objetivo central deste artigo é avaliar o impacto do desastre natural de deslizamentos de terra, ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, sobre indicadores de infraestrutura escolar. Para definir as escolas afetadas, adotamos uma estratégia inovadora baseada na simulação do raio de cobertura do desastre para cada ponto específico do deslizamento. A estratégia empírica adotada foi um modelo de diferença em diferenças com efeitos fixos de escola e tempo, a partir de um painel de dados a nível de escola. O principal resultado aponta que este desastre natural aumentou de forma persistente a probabilidade de fechamento das escolas afetadas, sendo este efeito robusto a diferentes especificações.

Palavras-chave: desempenho escolar; deslizamentos de terra; infraestrutura escolar.

ABSTRACT

The main objective of this thesis is to assess the impact of the 2011 landslide disaster in the mountainous region of Rio de Janeiro on school infrastructure indicators. To define the affected schools, we adopted an innovative strategy based on the simulation of the radius of coverage of the disaster for each specific point of the landslide. The empirical strategy adopted was a difference-in-differences model with school and time fixed effects from a school-level panel data. The main finding indicates that this natural disaster persistently increased the likelihood of closure among affected schools, and this effect remains robust across alternative specifications.

Keywords: student performance; landslides; school infrastructure.

JEL: I25; I24; Q54.

Área temática: 2 - Análise de dados espaciais e Econometria Espacial

1. INTRODUÇÃO

Desastres naturais constituem um risco ao bem-estar social e à acumulação de capital humano (SHIDIQI et al., 2023; RUSH, 2018; BAEZ et al., 2010). Eles também podem exercer efeitos negativos, de curto e longo prazo, sobre a taxa de crescimento econômico (TOYA; SKIDMORE, 2007; NOY, 2009; CAVALLO et al., 2013; McDERMOTT et al., 2014; HEGER; NEUMAYER, 2019). Esses impactos costumam ser mais intensos em países em desenvolvimento, devido à maior quantidade de setores afetados e à significância dos efeitos econômicos adversos (FOMBY et al., 2013; LOAYZA et al., 2012; NOY, 2009; KLOMP; VALCKX, 2014; BERLEMANN; WENZEL, 2018). Além disso, desastres naturais podem afetar outras dimensões da economia, como salários e mercado de trabalho (KUKELI, 2025; KIRCHBERGER, 2017; GROEN et al., 2020).

Deslizamentos de terra se destacam entre os desastres naturais por sua frequência e potencial destrutivo. Eles são particularmente preocupantes em regiões montanhosas ou urbanizadas com ocupação desordenada e em áreas de risco, e têm sido intensificados pelas mudanças climáticas.

Neste contexto, a maior catástrofe natural brasileira foi registrada em 2011 na Região Serrana do Rio de Janeiro, em razão de uma série de deslizamentos de terra, agravados pela topografia acidentada e montanhosa da região. Estes deslizamentos foram desencadeados em razão da incidências de fortes chuvas em algumas cidades destas regiões. Este evento registrou perdas humanas e materiais. Há registros de mais de 900 óbitos e milhares de pessoas desabrigadas (ROSI et al., 2019). Ao passo que, estimativas indicam que a perda financeira foi equivalente a R\$4.8 bilhões no ano de ocorrência do desastre (BANCO MUNDIAL, 2012).

Acerca dos impactos econômicos desse desastre, Halmenschlager (2019), por meio de aplicação do método de controle sintético, concluiu que, na ausência do evento, a trajetória do Produto Interno Bruto (PIB) per capita da região afetada teria sido superior à observada. Alves, Lima e Emanuel (2022) encontraram que o choque inesperado decorrente do desastre reduziu em 2,2% o número de funcionários das empresas em áreas afetadas no ano do evento, caracterizando-se como um efeito persistente. No quinto ano após o desastre, essa redução alcançava aproximadamente 6,4%, indicando ajuste via demissões, e não por redução salarial ou encerramento de atividades. Ademais, os efeitos econômicos variaram conforme o setor industrial e o porte das empresas afetadas.

De modo geral, diversos estudos empíricos têm demonstrado a existência de uma relação causal negativa entre desastres naturais e *outcomes* educacionais, sendo que a magnitude deste impacto está associada ao tipo e intensidade do desastre. A persistência dos efeitos negativos associados a estes choques pode comprometer a acumulação de capital humano. Desastres naturais podem apresentar efeitos negativos de longo prazo na primeira infância para crianças ainda no útero, nascidas em regiões afetadas ou filhos de mães expostas a estes eventos (CARUSO; MILLER, 2015; PAUDEL; RYU, 2018), com variação dos efeitos em razão do tipo e intensidade do desastre (NGUYEN; PHAM, 2018; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ 2025), efeitos negativos na taxa de matrícula, anos de escolaridade, abandono, atraso e rendimento escolar (CUARESMA, 2010; RUSH, 2018; ALVES, 2021; ALVES, 2022; SEGARRA-ALMÉSTICA et al., 2022; LU et al., 2023; SHIDIQI et al., 2023; PALACIOS; ROJAS-VELASQUEZ, 2023; PELLI; TSCHOPP, 2025). Nessa linha, alguns estudos empíricos demonstraram que choques naturais afetam com

maior intensidade alunos em situação de vulnerabilidade social e mulheres (BIMARDHIKA; MOORENA, 2024; SEGARRA-ALMÉSTICA et al., 2022). Especificamente acerca do desastre ocorrido no Rio de Janeiro, Arruda (2023) concluiu que este evento aumentou a taxa de reprovação dos alunos no primeiro ano após o desastre.

Além dos impactos diretos sobre os resultados educacionais já amplamente discutidos na literatura, há um canal ainda pouco explorado: os efeitos dos desastres sobre a infraestrutura educacional — compreendida como o conjunto de recursos físicos, humanos e tecnológicos disponíveis para o funcionamento das escolas. Shidiqi et al. (2023) destacam que esse mecanismo tem recebido pouca atenção nos estudos empíricos, apesar de sua relevância. Corroborando essa perspectiva, evidências empíricas demonstram que qualidade e investimentos em infraestrutura escolar estão relacionadas positivamente com desempenho acadêmico. Belmonte et al. (2020) sugerem que investimentos em infraestrutura escolar resultaram em melhorias significativas no desempenho dos alunos em testes padronizados, especialmente em Matemática e entre estudantes de menor rendimento. De forma complementar, Andrade et al. (2024) indicam que certos tipos de infraestrutura escolar, como instalações para artes e música, enfermarias escolares e acesso a serviços básicos, estão positivamente associados ao desempenho acadêmico, sobretudo em áreas rurais. No cenário brasileiro, evidências empíricas encontradas em Garcia et al. (2021), Riani e Rios-Neto (2008) e Queiroz et al. (2020) confirmam a conclusão central de que a infraestrutura escolar é um fator que contribui para a qualidade educacional e ganhos de eficiência.

Em um contexto de desastres naturais, Rush (2018) concluiu que danos em infraestrutura de produção e danos às estradas estão associados a efeitos negativos na matrícula da educação primária, enquanto que centros educacionais interrompidos, pontes danificadas e outros efeitos estão associados negativamente à matrícula no ensino médio. Shidiqi et al. (2023) encontraram que danos em infraestruturas educacionais constituem um canal de transmissão por meio do qual choques naturais afetam anos de escolaridade. Herrera-Almanza e Cas (2021), por meio de estudo empírico, indicam que programas de recuperação da infraestrutura escolar podem mitigar os efeitos negativos em termos de acumulação de capital humano associados a choques naturais.

Diante dessas evidências, torna-se fundamental analisar o impacto sobre a infraestrutura escolar após desastres naturais para compreender como eventos extremos afetam a continuidade e o acesso à oferta de serviços educacionais. Investigações nessa linha podem orientar governos e secretarias de educação na melhor definição de políticas públicas voltadas à recuperação da infraestrutura escolar após diferentes tipos de desastres.

O objetivo geral deste artigo é avaliar o impacto do deslizamento de terra ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro em 2011 sobre os indicadores de infraestrutura das escolas afetadas. Para tanto, adotou-se uma análise comparativa entre o grupo de escolas afetadas e o grupo de escolas não afetadas pelo desastre, a partir de um conjunto de indicadores educacionais de infraestrutura. Em termos metodológicos, consolidamos um painel de dados a nível de escola, e estimamos um modelo de diferenças em diferenças.

Assim, este estudo busca ampliar a compreensão dos efeitos de desastres naturais em escolas, de modo a elucidar a forma como estes eventos podem afetar a qualidade educacional. Além do que, apesar da gravidade da tragédia ocorrida no Rio de Janeiro em 2011, ainda são escassos os estudos que buscam analisar os efeitos deste desastre nas instituições de ensino. Estudos desta natureza podem oferecer *insights* para subsidiar a formulação de políticas públicas locais que busquem mitigar os efeitos de desastres naturais no contexto educacional, principalmente entre as populações mais desfavorecidas.

Este artigo contribui para a literatura empírica de desastres naturais em dois aspectos centrais. Em primeiro lugar, este estudo adota uma estratégia inovadora de definição das escolas afetadas baseada na simulação *run-out* do raio de cobertura do desastre para cada

ponto específico do deslizamento. Em segundo lugar, a avaliação dos efeitos dos desastres naturais no âmbito escolar ainda é uma abordagem pouco explorada na literatura. Um esforço considerável de pesquisa tem sido alocado na compreensão destes efeitos no nível aluno ou ainda em comparações entre países e regiões. Além do que, esta pesquisa é a primeira a avaliar os impactos do deslizamento de terra ocorrido no Rio de Janeiro em 2011 em indicadores de infraestrutura escolar.

Este artigo está organizado em 5 outras seções, além desta introdução. A seção 2 descreve o contexto institucional do deslizamento de terras ocorrido no Rio de Janeiro em 2011 em termos dos municípios afetados e apresenta os principais números deste evento. A seção 3 detalha as fontes de dados utilizadas e a definição do grupo de tratamento e de controle. A seção 4 explica a metodologia econométrica empregada para estimar o impacto causal. A seção 5 apresenta e discute os principais resultados da estimação, incluindo testes de robustez e análise de heterogeneidades. Por fim, a última seção apresenta as considerações finais do estudo.

2. CONTEXTO INSTITUCIONAL

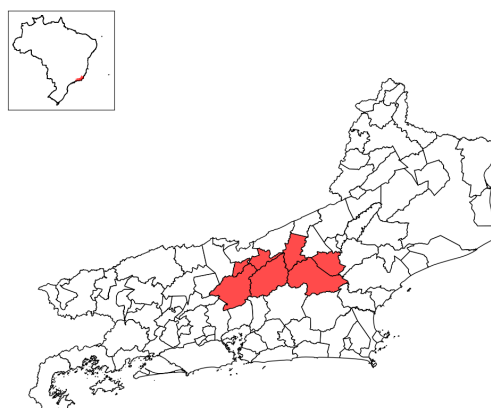
Os deslizamentos de terra ocorridos na Região Serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011 são considerados o maior desastre natural brasileiro, com um impacto devastador tanto em termos humanos quanto econômicos. Esta região já apresentava um histórico anual de deslizamentos e inundações, mas no período mencionado chuvas intensas atingiram a região serrana do Rio de Janeiro, o que ocasionou impactos em diversos municípios.

Em algumas horas a chuva registrada nesta região superou o volume esperado para todo o mês. Os fluxos de detritos, com velocidade de até 180 km/h, destruíram casas, estradas e pontes, gerando avalanches de lama e entulho, com mais de 3.000 pontos de deslizamento registrados. Esta catástrofe natural resultou na morte de mais de 900 pessoas, mais de 350 pessoas desaparecidas e registrou ainda mais de 30 mil pessoas desabrigadas, o que afetou direta e indiretamente mais de 300 mil pessoas (BUSCH; AMORIM, 2011).

O evento teve um impacto catastrófico, afetando aproximadamente 42% da população da região atingida. Este evento foi classificado pela Organização das Nações Unidas (ONU) como o oitavo maior deslizamento de terra do mundo nos últimos 100 anos (ROSI et al., 2019). Os impactos foram tão significativos em relação a outros desastres brasileiros que o Banco Mundial (2012) e Dourado et al. (2012) denominaram este evento de “Megadesastre”, ao caracterizar os efeitos deste em termos de quantidade de municípios afetados e impactos em termos humanos e materiais.

Os municípios de Nova Friburgo, Petrópolis, Teresópolis, Areal, Bom Jardim, São José do Vale do Rio Preto e Sumidouro foram os mais afetados por esta catástrofe climática e decretaram estado de calamidade pública (Figura 1). Outros municípios também afetados foram: Santa Maria Madalena, Sapucaia, Paraíba do Sul, São Sebastião do Alto, Três Rios, Cordeiro, Carmo, Macuco e Cantagalo.

Figura 1 – Municípios que decretaram estado de calamidade pública em razão dos deslizamentos de terras ocorridos no Rio de Janeiro em 2011.



Nota: Os municípios que decretaram estado de calamidade pública estão representados em vermelho no mapa.

A tabela a seguir ilustra os impactos do deslizamento de terra ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro em 2011 dos municípios que decretaram estado de calamidade pública, com dados sobre o número de afetados, desabrigados, desalojados, mortos e a população total de cada município. Em termos absolutos, os dados indicam que a cidade mais severamente afetada foi Nova Friburgo, seguida por Teresópolis, que registrou o segundo maior número de óbitos e população afetada. Em termos gerais, a região registrou um alto número de pessoas afetadas, desabrigadas e desalojadas, com uma quantidade considerável de mortes, refletindo a gravidade do desastre natural.

Tabela 1 – Municípios atingidos pelos deslizamentos de terra no Rio de Janeiro em 2011.

Município	Afetados	Desabrigados	Desalojados	Mortos	População Total Censo 2010
Areal	7.00	1.469	1.031	-	11.423
Bom Jardim	12.380	632	1.186	-	25.333
Nova Friburgo	180.000	3.800	4.500	420	182.082
Teresópolis	50.500	6.727	9.110	355	295.917
São José do Vale do Rio Preto	20.682	790	-	-	20.251
Sumidouro	15.000	240	311	22	14.900
Petrópolis	19.000	2.800	6.341	68	163.746
Total	297.562	16.458	22.479	865	713.652

Fonte: elaboração própria a partir de relatório do Banco Mundial (2012) e IBGE.

3. DADOS

3.1 Fonte de dados

Para compor nossa amostra final foram utilizadas informações do Censo Escolar e de

indicadores educacionais do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). O período escolhido consegue capturar o comportamento das escolas antes e após a catástrofe natural e efeitos de curto prazo. Um teste adicional de extensão deste período até 2019 é efetuado para validar a consistência dos resultados, como será descrito posteriormente.

O microdados de Censo Escolar da Educação Básica reúne diversas informações acerca da infraestrutura das escolas, além de informações no nível de turma, aluno e docente. Além deste microdados, utilizamos também um conjunto de indicadores educacionais do INEP para mensurar o rendimento escolar, a partir de indicadores como aprovação, reprovação, abandono, média de alunos por turma, taxa de distorção idade-série (proporção de alunos que estão fora da faixa etária adequada para a série em que estão matriculados, refletindo a defasagem no progresso escolar), Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB), entre outros.

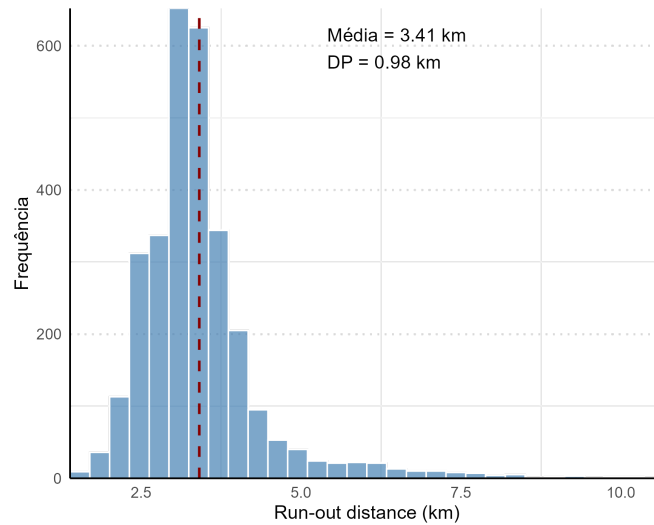
Os dados acerca dos pontos de deslizamento foram obtidos em Rosi et al. (2019) e foram processados a partir de imagens de satélite do Google Earth, obtidas entre janeiro e abril de 2011. Estas informações abrangem 2.979 pontos específicos onde ocorreram os deslizamentos ocorridos nos municípios que foram o epicentro deste evento catastrófico. Com as informações da geolocalização das escolas podemos construir um conjunto de dados com a localização precisa das escolas nas áreas afetadas.

3.2 Definição das escolas afetadas

Com o objetivo de definir o impacto dos deslizamentos de 2011 no Rio de Janeiro, fez-se uso de imagens de satélite para identificar os 2.979 pontos de deslizamentos, a partir do qual foi estabelecido um raio de cobertura simulado para cada ponto. Essa abordagem, comumente utilizada em estudos empíricos que analisam eventos de alcance incerto (como em SALVUCCI; SANTOS, 2020), tem a desvantagem de não permitir a definição exata do tamanho do raio, tornando a determinação do tratamento arbitrária. Para superar esta limitação, definimos o raio de cobertura com base na distância máxima percorrida por cada deslizamento (distância de *run-out*), seguindo metodologia previsão de *run-out* proposta por Devoli et al. (2009), abordagem também utilizada em estudo empírico de desastres por Alves, Lima e Emanuel (2022).

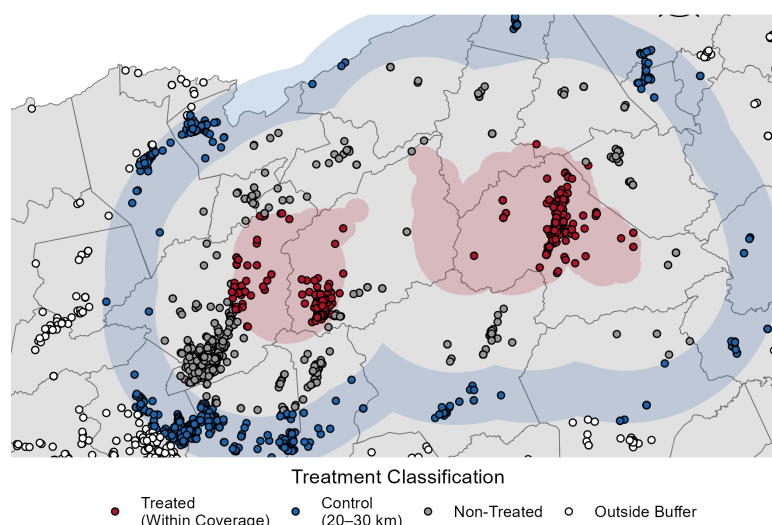
Considerando que a área de estudo é não vulcânica e utilizando a altitude dos pontos de deslizamento como *proxy* para a altura de queda, estimamos a distância máxima de *run-out* para cada ponto, com valores variando entre 1.503 e 10.471 metros, e uma média de 3.411 metros. A Figura 2 demonstra o resultado da distribuição das distâncias *run-out* estimadas.

Figura 2 – Histograma das distância *run-out* estimadas.



A delimitação do raio de impacto do evento foi realizada a partir de estimativas de *run-out*, permitindo a construção de uma representação espacial da região afetada (ver Figura 3). Consideram-se escolas afetadas à intervenção aquelas localizadas no interior da área de abrangência do desastre, enquanto as demais, situadas fora desse perímetro, compõem o grupo de controle. Adotamos uma estratégia “*inner and outer ring*” para definir as escolas em regiões de controle e tratamento, sendo um método baseado em estudos como Gibbons e Machin (2005), Asquith, Mast e Reed (2021) e Salvucci e Santos (2020), de maneira que esta abordagem é ideal para contextos que envolvem microdados geocodificados, nos quais o alcance do impacto analisado é altamente imprevisível. A partir destas definições, o grupo de controle foi restrito a escolas localizadas até 30 km dos pontos de deslizamento. A escolha deste *range* se deu de forma *ad hoc*, mas para avaliar a sua consistência testes de robustez adicionais serão efetuados de maneira que os resultados das estimações sejam avaliados em razão da escolha de outros raios.

Figura 3 – Raio de cobertura dos pontos de deslizamento e localização das escolas.



Notas: A figura apresenta a distribuição espacial das escolas nos municípios afetados da amostra final. As escolas tratadas (representadas por pontos vermelhos) estão dentro da área de impacto dos deslizamentos.

3.3 Estatística Descritiva

A amostra final é composta por um painel nível escola de 7.231 observações de 825 escolas entre 2007 e 2015. A Tabela 2 a seguir apresenta a estatística descritiva das variáveis para as escolas afetadas e não afetadas. As colunas (1) e (2) evidenciam a média o desvio padrão das escolas afetadas, enquanto que as colunas (3) e (4) demonstram as mesmas estatísticas para as escolas não afetadas.

Tabela 2 – Estatística descritiva das escolas afetadas e não afetadas.

	Afetado		Não afetado	
	Média (1)	Desvio padrão (2)	Média (3)	Desvio padrão (4)
fechamento	0.084	0.277	0.077	0.267
docente	54.171	87.085	75.713	94.293
aluno	275.426	335.959	428.755	413.525
funcionarios	30.731	29.299	42.608	31.226

4. ESTRATÉGIA EMPÍRICA

O objetivo principal deste artigo é estimar os efeitos dos deslizamentos de terra de 2011 ocorridos no Rio de Janeiro em indicadores educacionais das escolas que compõem a amostra, em anos específicos após o desastre. Como não podemos observar um contrafactual, adotamos uma estratégia quase-experimental para comparar o desempenho das escolas

afetadas com o de escolas não afetadas. Assim, utilizamos um estimador de diferenças em diferenças (DiD), visto que este método possibilita compararmos as escolas afetadas ou não antes do evento de interesse.

Este método é frequentemente utilizado para avaliar os efeitos de experimentos naturais, que são eventos exógenos como mudanças em políticas públicas ou desastres naturais, sendo amplamente utilizado na literatura empírica de estudos de efeito causal de impacto de catástrofes naturais.

Para empregar este método é necessário que o banco de dados tenha observações anteriores e posteriores ao evento que se almeja analisar. A partir disto, é possível identificar os grupos de tratamento, unidades observacionais afetadas pelo evento, e grupos de controle, parte não afetada pela mudança. Pressupõe-se que a heterogeneidade não observada é invariante no tempo e não possui correlação com o evento de interesse. Uma premissa desta abordagem é que todos os indicadores escolares no momento pré-intervenção evoluam de forma idêntica nas áreas afetadas e nas não afetadas. Isto é, na ausência do evento a diferença entre as médias dos grupos de tratamento e controle seriam constantes.

Na presente pesquisa, foram utilizadas três especificações econométricas para estimar os efeitos dos deslizamentos de terra de 2011 sobre as escolas da região serrana do Rio de Janeiro. A especificação principal analisa os impactos do desastre a cada ano, com o objetivo de capturar como os efeitos variam ao longo do tempo. Esta especificação pode ser descrita da seguinte forma:

$$Y_{it} = \sum_{\tau=1}^5 \beta_{\tau} \text{Landslide}_{i\tau} + X'_{ct} \Theta + \text{Trend}'_{ct} \phi + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Em que Y_{it} denota o desempenho observado da escola i em determinada variável dependente no ano t e Landslide representa uma variável *dummy* que assume valor 1 para o grupo de escolas afetadas em cada ano após o desastre. O termo μ_i refere-se ao efeito fixo da escola. O termo λ_t captura o efeito fixo de ano. O parâmetro β_{τ} captura o impacto dos deslizamentos nos resultados educacionais das escolas nos anos seguintes ao evento e estima o efeito causal do tratamento.

Por fim, para capturar outros possíveis efeitos que explicam a infraestrutura escolar, a matriz X inclui covariadas de tendências regionais e características demográficas. Essa estratégia é consistente com a literatura, como proposto em Caruso e Miller (2015) e Paudel e Ryu (2018).

Para validar mais formalmente a hipótese de tendências paralelas, utilizamos uma especificação de *event study*, que permite analisar os efeitos antes do tratamento, ao validar a existência de tendências preexistentes nos indicadores educacionais. Tal especificação é descrita a seguir:

$$Y_{it} = \left[\sum_{\tau=-5}^{-1} \beta_{\tau} I(t - t^* = \tau) + \sum_{\tau=1}^5 \beta_{\tau} I(t - t^* = \tau) \right] + X'_{ct} \Theta + \text{Trend}'_{ct} \phi + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Sendo que: $I(t - t^* = \tau)$ é um indicador que mensura o tempo relativo ao ano do tratamento. Essa especificação permite avaliar como os resultados educacionais das escolas variam ao longo do tempo em resposta ao desastre, considerando tanto as tendências anteriores ao evento quanto os efeitos pós-tratamento. O coeficiente de interesse é β_{τ} de modo que para $T < 1$ então estaremos validando a hipótese de tendências paralelas, ao mensurar se

as escolas apresentaram tendências semelhantes antes do tratamento, mas após o evento catastrófico apresentam divergência. Por fim, uma especificação complementar define cada variável dependente como função da variável de tratamento, com efeitos fixos de escola e ano.

A fim de verificar a robustez dos resultados obtidos a partir da estratégia empírica proposta, foram realizados alguns testes adicionais, com o objetivo de avaliar a consistência dos efeitos estimados sob diferentes especificações. Primeiramente, alteramos o raio de tratamento e controle, variando o critério entre estes grupos, o que permitiu verificar a sensibilidade dos efeitos estimados sob diferentes parametrizações. Também estendemos o período de análise para até 2019, de modo a avaliar se os efeitos observados permanecem consistentes ao longo do tempo, tanto no curto quanto no longo prazo. Além disso, incluímos *outcomes* secundários para explorar se o tratamento impacta outras variáveis, testando a generalização dos efeitos do tratamento.

Para compreender os efeitos do evento de interesse a literatura empírica também estabelece análises de heterogeneidade. Ou seja, objetiva-se investigar se existem características específicas das escolas que possam alterar de forma significativa os resultados observados em relação ao impacto do desastre ou se os efeitos são semelhantes em todas as unidades escolares analisadas.

Assim, as heterogeneidades analisadas neste estudo avaliam aspectos relacionados a desagregação entre escolas públicas e privadas e localização (urbana ou rural). Essas análises permitiram verificar se os efeitos do tratamento variam conforme essas características, proporcionando uma compreensão mais detalhada de como diferentes contextos e grupos podem responder de forma distinta ao tratamento aplicado.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados principais

A Tabela 3 apresenta os resultados da estimação definida na equação (1) para os principais *outcomes* de infraestrutura escolar: variável indicadora de fechamento da escola, logaritmo do número de docentes, logaritmo do número de alunos e logaritmo do número de funcionários. Os resultados apresentam efeitos fixos de escola e de tempo. Assim, estimamos especificações que consideram o efeito fixo de escola e o efeito fixo de tempo (colunas (1), (3), (5) e (7)) e especificações mais completas, que incluem adicionalmente controles específicos do setor censitário (colunas (2), (4), (6) e (8)).

Os resultados sugerem que o desastre aumentou a probabilidade de fechamento das escolas, com o efeito de maior magnitude no primeiro ano e redução ao longo dos anos subsequentes, mas ainda com impactos persistentes. Para este *outcome* o efeito do desastre se mostrou estatisticamente significativo em todos os anos na especificação que não inclui controles censitários. Neste sentido, comparando os anos, os efeitos não desaparecem rapidamente, sugerindo persistência do impacto ao longo dos anos. As conclusões principais se mantêm na especificação mais completa, que inclui controles censitários, embora a magnitude do efeito seja inferior comparativamente a especificação sem a inclusão de controles.

Em relação ao estoque de docentes, observamos reduções significativas já no 1º ano e ainda mais intensas no 2º ano, com quedas que persistem até o 5º ano. Esses resultados sugerem uma redução estrutural e duradoura no corpo docente nas escolas atingidas. Quanto à especificação mais completa, os resultados são análogos, conquanto a magnitude dos coeficientes seja superior nesta especificação.

Em relação ao estoque de alunos os coeficientes não são estatisticamente significativos em nenhum dos anos da especificação que não inclui controles, indicando que o número de

alunos matriculados não sofreu variações sistemáticas atribuíveis diretamente ao evento. O mesmo resultado é obtido na especificação mais completa (6), não obstante no último ano o efeito seja estatisticamente significativo.

Por fim, em relação ao número de funcionários, o efeito negativo apresentou-se significativo apenas no segundo ano após o desastre, ao passo que na especificação completa este efeito foi estatisticamente significativo em quatro dos cinco anos analisados. Esses resultados sugerem que o desastre teve um impacto negativo consistente e persistente em indicadores chave das escolas afetadas e, de modo geral, uma tendência de redução da magnitude dos efeitos no transcorrer do tempo.

Tabela 3 – Resultados principais dos efeitos dos deslizamentos no Rio de Janeiro, 2011, em indicadores de infraestrutura escolar.

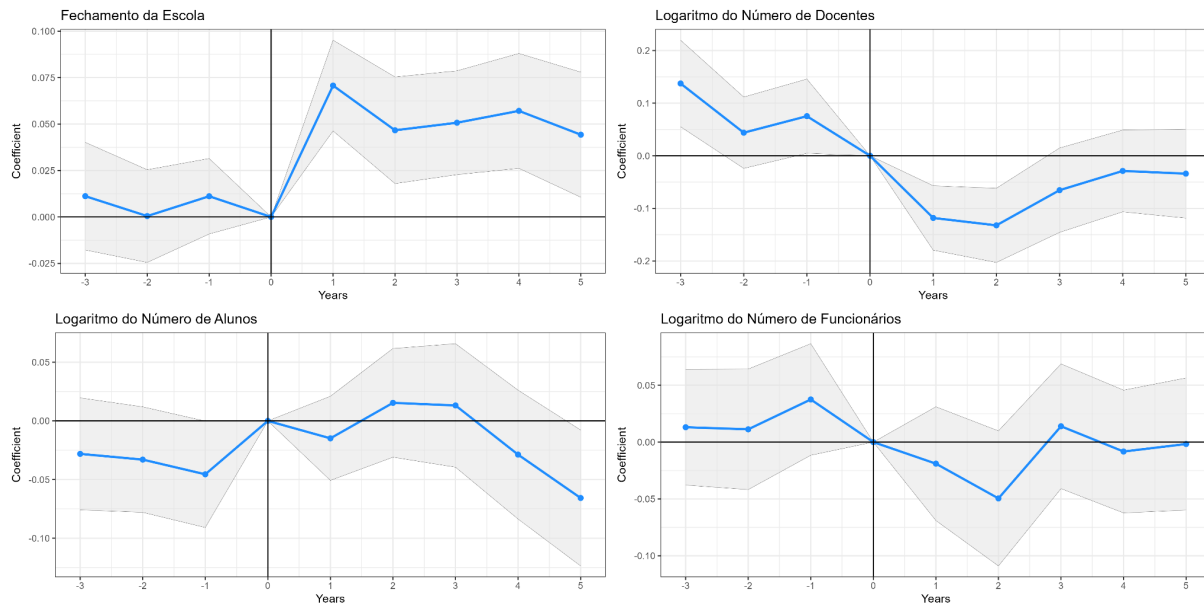
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	fechamento	fechamento	log_docente	log_docente	log_aluno	log_aluno	log_func.	log_func.
								-0.04733
Treat 1	0.06517***	0.06548***	-0.18008***	-0.20192***	0.01154	-0.00796	-0.03443	*
	(0.01688)	(0.01675)	(0.03604)	(0.03714)	(0.02619)	(0.02718)	(0.02650)	(0.02681)
								-0.08508
Treat 2	0.04110**	0.03811**	-0.19418***	-0.22366***	0.04176	0.01530	*	***
	(0.01703)	(0.01756)	(0.04099)	(0.04307)	(0.03159)	(0.03295)	(0.03082)	(0.03206)
Treat 3	0.04516**	0.03966**	-0.12739***	-0.15616***	0.03954	0.00689	-0.00153	-0.02839
	(0.01825)	(0.01885)	(0.04447)	(0.04742)	(0.03474)	(0.03695)	(0.02913)	(0.03128)
								-0.05955
Treat 4	0.05155***	0.04363**	-0.09083**	-0.12752***	-0.00237	-0.04521	-0.02375	*
	(0.01994)	(0.02065)	(0.04265)	(0.04578)	(0.03611)	(0.03955)	(0.02788)	(0.03040)
								-0.05848
Treat 5	0.03872*	0.03008	-0.09603**	-0.13728***	-0.03933	-0.08285*	-0.01714	*
	(0.02151)	(0.02265)	(0.04714)	(0.05151)	(0.03840)	(0.04387)	(0.03092)	(0.03498)
N	7231	6971	6650	6503	6560	6414	6650	6503
School								
FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census								
Control	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes

Nota: Esta tabela apresenta os resultados da especificação definida na equação (1) para os seguintes *outcomes*: variável indicadora do fechamento da escola, logaritmo da quantidade de docentes, logaritmo da quantidade de alunos e logaritmo do número de funcionários. Os erros padrões estão indicados entre parênteses. *** representa $p < 0.01$, ** representa $p < 0.05$, * representa $p < 0.1$. log_func. é a abreviação para log_funcionários.

A Figura 4 apresenta os resultados do *event-study*, ilustrando a evolução dos coeficientes estimados para diferentes variáveis ao longo do tempo, períodos pré e pós em

relação ao tratamento. No período anterior ao desastre, os resultados dos *outcomes*, com exceção de *log_docente*, apresentam efeitos que se encontram em torno de zero para todos os períodos, o que sugere que o impacto observado após o evento não é resultado de tendências preexistentes.

Figura 4 – Event-study *outcomes* principais: efeito dos deslizamentos de terra de 2011 ocorridos no Rio de Janeiro sobre as escolas.



Notas: a figura demonstra o β_T da nossa regressão de *event study* (equação 2), com intervalos de confiança de 95% e 99%. Todas as estimativas incluem o efeito fixo de escola e tempo.

5.2 Testes de Robustez

Com o objetivo de avaliar o comportamento do efeito do tratamento em um período mais longo, extendemos o período do pós desastre até o ano de 2019 (Tabela 4). Sob essa nova janela temporal, o tratamento continua tendo impacto persistente na probabilidade de fechamento, até o sexto ano depois do evento, sendo que nos anos subsequentes o efeito não é significativo estatisticamente, com exceção do último ano. Observamos ainda um impacto no nono ano posterior ao deslizamento de terra, o que sugere um impacto duradouro no fechamento de escolas. Contudo, verifica-se uma diminuição na intensidade do efeito ao longo do tempo.

Em relação ao logaritmo da quantidade de docentes, nota-se um efeito persistente até o sexto ano após a catástrofe natural, sendo que nos demais anos este efeito não é estatisticamente significativo. O padrão observado pode ser interpretado como uma redução inicial significativa no corpo docente logo após o desastre, seguida de uma estabilização dos efeitos negativos com o passar dos anos. Quanto ao número de alunos, este efeito não é estatisticamente significativo em nenhum dos anos analisados.

Por fim, o impacto deste evento no estoque de funcionários se mostrou significativo apenas em dois anos do período pós-desastre e apenas em um deles com efeito negativo. Esse padrão pode refletir tanto a adaptação das escolas às novas condições, quanto à capacidade limitada de reposição de pessoal em um contexto pós-desastre.

Tabela 4 – Resultados principais, efeito ano, com extensão do período.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	fechamento	log_docente	log_aluno	log_funcionarios
Treat 1	0.06503*** (0.01697)	-0.18010*** (0.03712)	0.01625 (0.02640)	-0.00980 (0.02851)
Treat 2	0.04095** (0.01712)	-0.19122*** (0.04158)	0.04702 (0.03169)	-0.06063* (0.03158)
Treat 3	0.04502** (0.01831)	-0.12934*** (0.04510)	0.04361 (0.03464)	0.00412 (0.02942)
Treat 4	0.05140** (0.02003)	-0.09311** (0.04318)	0.00230 (0.03613)	-0.01755 (0.02800)
Treat 5	0.03857* (0.02138)	-0.09963** (0.04728)	-0.03610 (0.03834)	-0.01470 (0.03069)
Treat 6	0.04981** (0.02275)	-0.12604*** (0.04678)	-0.00624 (0.04010)	-0.02954 (0.03043)
Treat 7	0.03081 (0.02313)	-0.04593 (0.04851)	0.00225 (0.04165)	-0.02074 (0.03477)
Treat 8	0.03422 (0.02391)	-0.05049 (0.04913)	0.01366 (0.04094)	-0.02818 (0.03349)
Treat 9	0.04204* (0.02281)	-0.07440 (0.06993)	0.05338 (0.04408)	0.34233*** (0.06516)
N	10531	9446	9286	9446
School				
FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes
Census				
Control	No	No	No	No

Nota: Esta tabela apresenta os resultados da especificação definida na equação (1) para os seguintes *oucomes*: variável indicadora do fechamento da escola, logaritmo da quantidade de docentes, logaritmo da quantidade de alunos e logaritmo do número de funcionários. Os erros padrões estão indicados entre parênteses. O período após o desastre é limitado ao ano de 2019. *** representa $p < 0.01$, ** representa $p < 0.05$, * representa $p < 0.1$.

A Tabela 5 a seguir apresenta os resultados das estimações de *oucomes* secundários de acordo com a definição da equação (1). Os resultados apresentam efeitos fixos de escola e de tempo. Verifica-se que apenas os *oucomes* biblioteca e computador apresentaram resultados estatisticamente significativos. Em relação a biblioteca, o desastre diminuiu a probabilidade de existência desse recurso no primeiro, segundo e último ano após o desastre, enquanto que para o estoque de computadores, este efeito foi estatisticamente significativo apenas no primeiro ano após o desastre.

Tabela 5 – Outcomes secundários.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	id_internet	id_agua_rede_publica	biblioteca	quadra_esportes	computador
Treat 1	-0.01024 (0.02897)	0.00501 (0.01301)	-0.04041* (0.02420)	-0.00209 (0.02385)	-0.02965* (0.01766)
Treat 2	-0.03335 (0.03108)	0.01598 (0.01473)	-0.06078** (0.02657)	-0.00356 (0.02000)	0.01124 (0.02039)
Treat 3	-0.04369 (0.03206)	0.02111 (0.01581)	-0.03296 (0.02774)	0.00546 (0.02130)	0.00989 (0.01863)
Treat 4	-0.01448 (0.03318)	0.00336 (0.01695)	-0.03662 (0.02914)	-0.00320 (0.02132)	-0.03068 (0.01977)
Treat 5	0.03964 (0.03295)	0.02172 (0.01853)	-0.09464*** (0.03322)	0.00670 (0.02180)	-0.02739 (0.02012)
N	6294	6560	6612	6612	6650
School FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Time FE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census					
Control	No	No	No	No	No

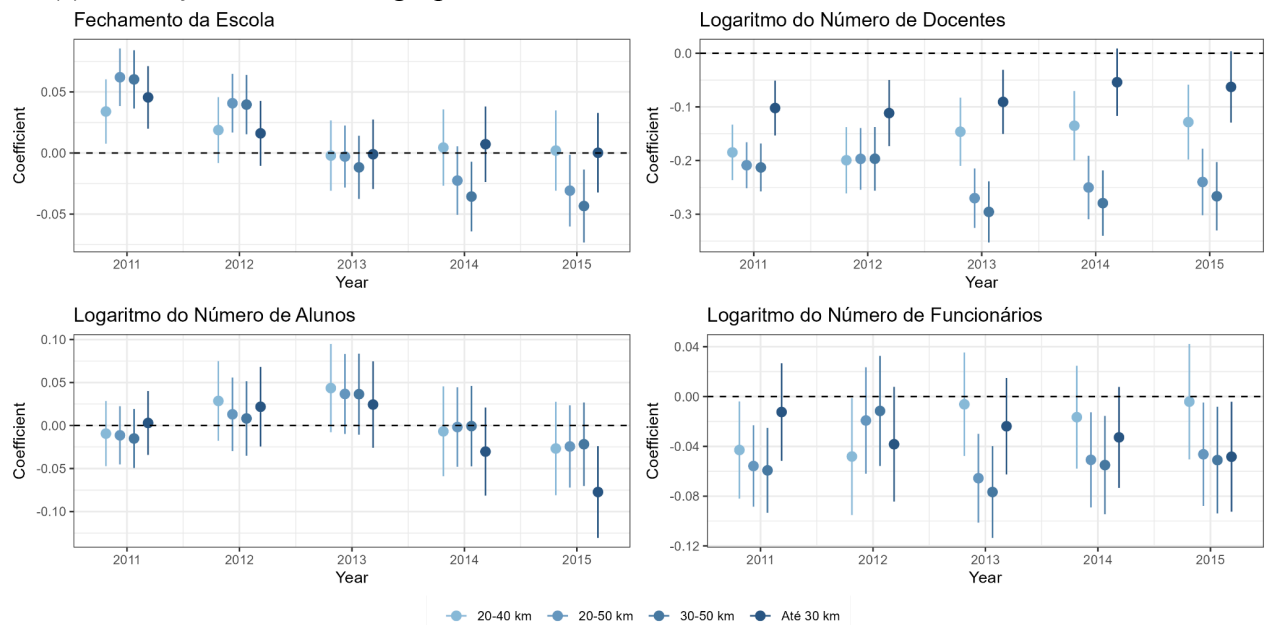
Nota: Esta tabela apresenta os resultados da especificação definida na equação (1) para os seguintes *oucomes*: variável indicadora se a escola possui *internet*, variável indicadora se a escola possui água de rede pública, variável indicadora se a escola possui biblioteca, variável indicadora se a escola possui quadra de esportes e variável indicadora se a escola possui computador. Os erros padrões estão indicados entre parênteses. *** representa $p < 0.01$, ** representa $p < 0.05$, * representa $p < 0.1$.

Por fim, outro teste de robustez adicional, representado na Figuras 5 (a) e (b), consiste na variação dos raios de alcance utilizados para a definição dos grupos de controle e de tratamento. Essa estratégia tem como objetivo verificar a consistência e a solidez das conclusões centrais deste estudo frente a diferentes delimitações espaciais dos grupos de tratamento e controle. Ao adotar definições alternativas, busca-se reforçar a validade interna dos resultados e assegurar que os efeitos observados não sejam fruto de escolhas arbitrárias dos raios de tratamento.

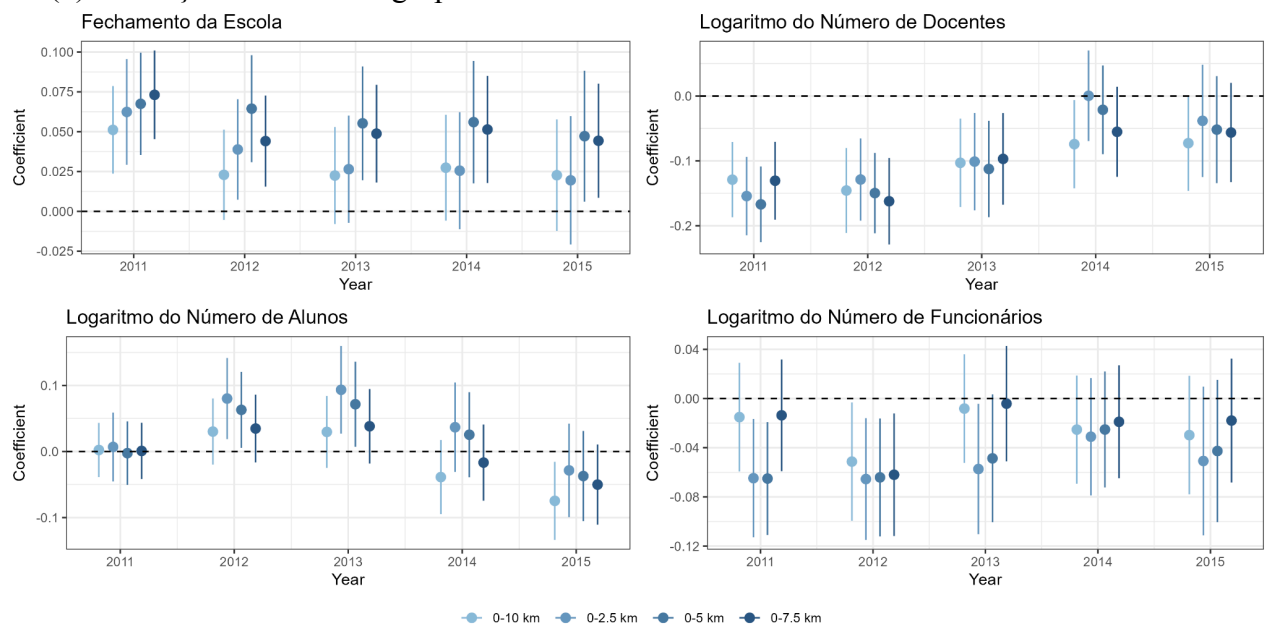
Assim, para avaliar a consistência dos resultados principais obtidos, alteramos a definição do grupo de controle de modo a incluir escolas mais distantes dos pontos de deslizamento, ao restringir o grupo de controle as escolas localizadas em um anel de controle de 20-40 km, 20-50 km, 30-50 km e até 30 km de distância do raio de cobertura do desastre. Desta forma, a Figura 5 (a) ilustra as estimativas obtidas com base nestas definições do grupo de controle. Quanto às alterações na definição do grupo de tratamento (Figura 5 (b)) os resultados obtidos também reforçam os nossos principais achados.

Figura 5 – Alteração da definição dos grupos de tratamento e controle.

(a) Alteração dos raios do grupo de controle.



(b) Alteração dos raios do grupo de tratamento.



Nota: esta figura mostra o efeito do desastre natural nos *outcomes* principais de acordo com a equação (1) para um intervalo de confiança de 95%. Todas as estimativas incluem efeito fixo de tempo e efeito fixo de escola.

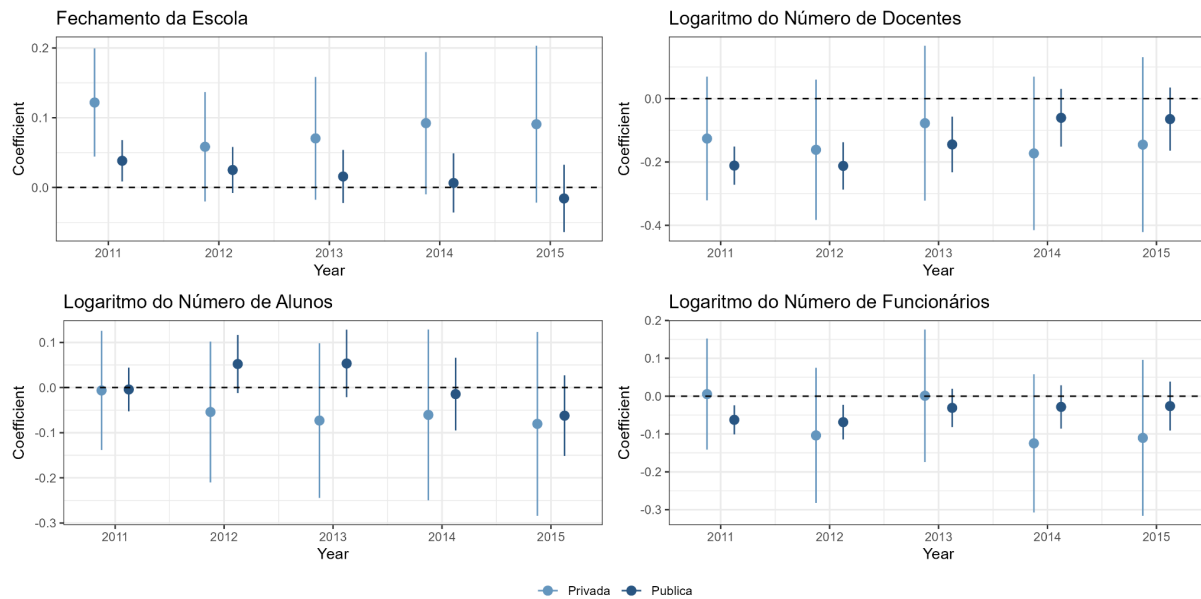
5.3 Heterogeneidades

Esta seção apresenta os resultados do estudo quanto às diferenças entre grupos em quatro dimensões: tipo de escola (pública ou privada), localização (urbana ou rural), etapa de ensino ofertada e porte da instituição em termos de número de estudantes. A realização dessas análises é fundamental, uma vez que variações nessas características entre os grupos amostrais podem influenciar os efeitos estimados.

Acerca dos resultados principais obtidos nesta pesquisa, é possível que alguns fatores relevantes de heterogeneidade sejam desconsiderados em razão da análise agregada. Para capturar estes possíveis fatores e aprofundar nossa compreensão sobre o impacto dos

deslizamentos de terra de 2011 na infraestrutura escolar, segmentamos nossos resultados de acordo com o tipo da escola, em escolas públicas e escolas privadas. Nossa hipótese reside no fato de que escolas de diferentes naturezas podem responder de maneiras distintas ao desastre, visto que cada tipo escolar possui características específicas que as diferenciam como o financiamento, autonomia administrativa e financeira, capacidade de acesso a recursos externos, dentre outras. A Figura 6 apresenta os resultados dos diferentes *outcomes* divididos quanto ao tipo de escola. De modo geral, não observamos diferenças significativas na probabilidade de fechamento entre escolas públicas e privadas. Nos demais *outcomes*, as magnitudes mostraram-se relativamente semelhantes entre os dois grupos.

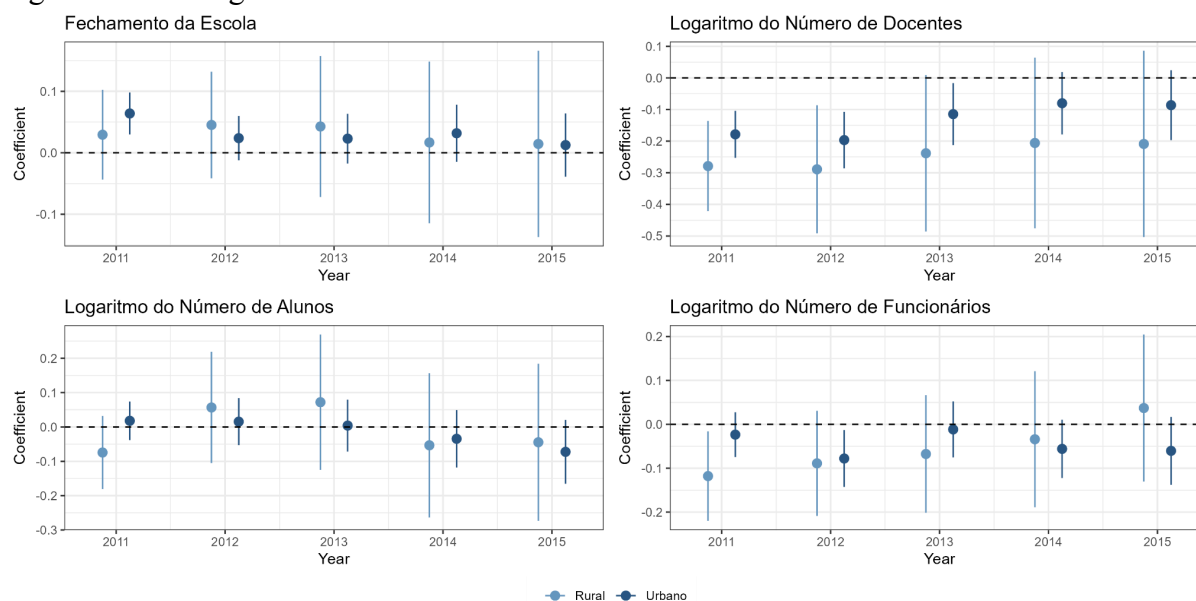
Figura 6 – Heterogeneidades : escola público-privada.



Nota: esta figura mostra o efeito do desastre natural nos *outcomes* principais de acordo com a equação (1) para um intervalo de confiança de 95%. A amostra é segmentada de acordo com o tipo da escola. Todas as estimativas incluem efeito fixo de tempo e efeito fixo de escola.

A seguir, apresentamos uma análise que ilustra as diferenças do impacto do desastre natural quanto a localização das escolas. Escolas rurais podem enfrentar maiores desafios para retomar suas atividades, em razão do maior isolamento e menor infraestrutura de apoio. A Figura 7 não evidencia distinção clara nos efeitos entre escolas rurais e urbanas.

Figura 7 – Heterogeneidades : escola urbano-rural.



Nota: esta figura mostra o efeito do desastre natural nos *outcomes* principais de acordo com a equação (1) para um intervalo de confiança de 95%. A amostra é segmentada de acordo com a localização da escola. Todas as estimativas incluem efeito fixo de tempo e efeito fixo de escola.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou o impacto dos deslizamentos de terra ocorridos na região serrana do Rio de Janeiro, em 2011, sobre os indicadores de infraestrutura escolar. A partir de um modelo de diferenças em diferenças aplicado a um painel de dados em nível escolar, foi possível isolar o impacto do desastre sobre variáveis educacionais relevantes.

Os resultados indicam que o desastre aumentou de forma significativa a probabilidade de fechamento das escolas afetadas, com efeito mais intenso no primeiro ano após o evento e redução gradual nos anos subsequentes. No entanto, os impactos não se dissipam completamente ao longo do tempo, sugerindo que os desastres naturais podem gerar consequências persistentes sobre o acesso à educação nas áreas atingidas. Esse achado reforça a hipótese de que desastres naturais extremos comprometem a continuidade da oferta educacional. Ademais, este resultado principal mostrou-se robusto em relação a diferentes definições do grupo de tratamento e controle.

Sob a perspectiva de políticas públicas, tais evidências destacam a importância de estratégias de prevenção e de resposta rápida para mitigar os efeitos de desastres sobre o setor educacional. Essas estratégias podem auxiliar na redução do tempo de interrupção das atividades escolares e na garantia da continuidade do processo de ensino-aprendizagem, de modo a reduzir os potenciais efeitos de longo prazo na formação de capital humano.

Referências

ALVES, B. O impacto dos desastres naturais na educação: um estudo para o Brasil. 2021. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021.

ALVES, P. J., LIMA, R. C. de A., EMANUEL, L Natural disasters and establishment performance: Evidence from the 2011 Rio de Janeiro Landslides. *Regional Science and Urban Economics*, v. 95, 2022.

ALVES, V. O. Desastre de Mariana e resultados educacionais: um estudo de evento. 2022. 30 f., il. Dissertação (Mestrado em Economia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022.

ANDRADE, A. E.; PADILLA, L.; CARRINGTON, S. J. Educational spaces: The relation between school infrastructure and learning outcomes. *Heliyon*, v. 10, 2024.

ARRUDA, R. A. Impacto de desastres naturais na educação básica do Rio de Janeiro: evidências dos deslizamentos de terra de 2011. 2023. 35 f. Dissertação (Programa Stricto Sensu em Economia de Empresas) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2023.

ASQUITH, B. J.; MAST, E.; REED, D. Local effects of large new apartment buildings in low-income areas. *The Review of Economics and Statistics*, p. 1-46, 2021.

BAEZ, J., DE LA FUENTE, A., SANTOS, I. Do natural disasters affect human capital? An assessment based on existing empirical evidence. *IZA Discussion Paper*, Germany, n. 5164, 2010.

BANCO MUNDIAL. Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro - Janeiro de 2011. Brasília, DF, 2012.

BELMONTE, A. et al. School infrastructure spending and educational outcomes: Evidence from the 2012 earthquake in Northern Italy. *Economics of Education Review*, v. 75, 2020.

BERLEMANN, M.; WENZEL, D. Precipitation and Economic Growth. *Center for Economic Studies and ifo Institute Working Paper*, Munich , n. 7258, 2018.

BIMARDHIKA, E.; MOORENA, L. Disruption to schooling: Evidence from volcano eruptions on Java Island, Indonesia. *Asian Development Bank Institute Working Paper*, Tokyo, n. 1461, 2024.

BUSCH, A.; AMORIM, S. The tragedy of the highlands serrana region in the state of rio de janeiro in 2011: looking for answers. *Case Study Library of Public Management*, Escola Nacional de Administração Pública (Enap), 2011.

CARUSO, G.; MILLER, S. Long run effects and intergenerational transmission of natural disasters - A case study on the 1970 Ancash Earthquake. *Journal of Development Economics*, 2015.

CAVALLO, E. et al. Catastrophic natural disasters and economic growth. *Review of Economics and Statistics*, v. 95, n. 5, p. 1549–1561, 2013.

CUARESMA, J. C. Natural disasters and human capital accumulation. *The World Bank Economic Review*, v. 24, n. 2, p. 280-302, 2010.

DEVOLI, G. et al. Statistical analysis of landslide events in central america and their run-out distance. *Geotechnical and Geological Engineering*, Springer, v. 27, n. 1, p. 23–42, 2009.

DOURADO, F. et al. O Megadesaste da Região Serrana do Rio de Janeiro: as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos

de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 35, n. 2, p. 43-54, 2012.

FOMBY, T., IKEDA, Y., LOAYZA, N. V. The growth aftermath of natural disasters. *Journal of Applied Econometrics*, v. 28, n. 3, p. 412-434, 2013.

GARCIA, R. A.; RIOS-NETO, E. L. G.; MIRANDA-RIBEIRO, A. Efeitos rendimento escolar, infraestrutura e prática docente na qualidade do ensino médio no Brasil. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 38, 2021, p. 1-32.

GIBBONS, S.; MACHIN, S. Valuing rail access using transport innovations. *Journal of urban Economics*, v. 57, n. 1, p. 148-169, 2005.

GROEN, J. A.; KUTZBACH, M. J.; POLIVKA, A. E. Storms and jobs: The effect of hurricanes on individuals' employment and earnings over the long term. *Journal of Labor Economics*, The University of Chicago Press Chicago, IL, v. 38, n. 3, p. 653-685, 2020.

HALMENSCHLAGER, V. Ensaio sobre os impactos socioeconômicos dos desastres naturais no Brasil. 2019. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

HEGER, M. P. ; NEUMAYER, E. The impact of the Indian Ocean tsunami on Aceh's long-term economic growth. *Journal of Development Economics*, v. 141, p. 2-17, 2019.

HERRERA-ALMANZA, C.; CAS, A. Mitigation of long-term human capital losses from natural disasters: Evidence from the Philippines. *The World Bank Economic Review*, v. 35, n. 2, p. 436-460, 2021.

HIGHLAND, L.; BOBROWSKY, P. *The Landslide Handbook: a guide to understanding landslides*. [S.l.]: US Geological Survey Reston, 2008.

JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, M. J.; JIMÉNEZ-MARTÍNEZ, M. Education system response to an extreme shock analyzing the short, medium and long-term impact of the stronger earthquake in Chile. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 119, 2025.

KIRCHBERGER, M. Natural disasters and labor markets. *Journal of Development Economics*, v. 125, p. 40-58, 2017.

KLOMP, J.; VALCKX, K. Natural disasters and economic growth: a meta-analysis. *Global Environmental Change*, v. 26, p. 183-195, 2014.

KUKELI, A. The effects and the macroeconomic dynamics of natural disaster damages: investigation of local evidence. *Regional Studies, Regional Science*, v. 12, n. 1, p. 5-22, 2025.

LOAYZA, N. V. et al. Natural Disasters and Growth: Going Beyond the Averages. *World Development*, v. 40, p.1317-1336, 2012.

LU, W. et al. Natural disasters and high-stakes exam performance - Evidence from the 2007 Wenchuan earthquake. *China Economic Review*, 2023.

McDERMOTT, T. K. J. et al. Disasters and development: Natural disasters, credit constraints, and economic growth. *Oxford Economic Papers*, v. 66, n. 3, p. 750–773, 2014.

NGUYEN, C. V.; PHAM, N. M. The impact of natural disasters on children's education: Comparative evidence from Ethiopia, India, Peru, and Vietnam. *Review of Development Economics*, v. 22, p. 1561-1589, 2018.

NOY, I. The macroeconomic consequences of disasters. *Journal of Development Economics*, v. 88, n. 2, p. 221-231, 2009.

PALACIOS, P.; ROJAS-VELÁSQUEZ, L. R. Impact of weather shocks on educational outcomes in the municipalities of Colombia. *International Journal of Educational Development*, 2023.

PAUDEL, J.; RYU, H. Natural disasters and human capital - The case of Nepal's earthquake. *World Development*, 2018.

PELLI, M.; TSCHOPP, J. Storms, early education and human capital. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 130, 2025.

QUEIROZ, M. V. A. B.; SAMPAIO, R. M. B.; SAMPAIO, L. M. B. Dynamic efficiency of primary education in Brazil: Socioeconomic and infrastructure influence on school performance. *Socio-Economic Planning Sciences*, v. 70, 2020.

RIANI, J. L. R.; RIOS-NETO, E. L. G. Background familiar versus perfil escolar do município: qual possui maior impacto no resultado educacional dos alunos brasileiros? *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 25, n. 2, p. 251-269, 2008.

ROSI, A. et al. Landslides in the mountain region of rio de janeiro: a proposal for the semi-automated definition of multiple rainfall thresholds. *Geosciences, Multidisciplinary Digital Publishing Institute*, v. 9, n. 5, p. 203, 2019.

RUSH, J. V. The Impact of Natural Disasters on Education in Indonesia. *Economics of Disasters and Climate Change*, v. 2, p. 137-158, 2018.

SALVUCCI, V.; SANTOS, R. Vulnerability to natural shocks - assessing the short-term impact on consumption and poverty of the 2015 flood in mozambique. *Ecological Economics*, 2020.

SEGARRA-ALMÉSTICA, E. et al. The effect of consecutive disasters on educational outcomes. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 83, 2022.

SHIDIQI, K. A. et al. Earthquake exposure and schooling: Impacts and mechanisms. *Economics of Education Review*, v. 94, 2023.

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