

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E VALORAÇÃO DOS
DANOS SOCIOECONÔMICOS CAUSADOS PARA
AS COMUNIDADES ATINGIDAS PELO ROMPIMENTO
DA BARRAGEM DE FUNDÃO**

Impactos sobre Segurança Pública a partir de Dados Secundários



DEZEMBRO DE 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/FGV

Fundação Getulio Vargas

Impactos sobre Segurança Pública a partir de Dados Secundários / Fundação Getulio Vargas. – Rio de Janeiro; São Paulo : FGV, 2019.

103 p.

Em colaboração com: Amanda Cappellazzo Arabage, Ana Carolina Marinato de Resende, André Portela Fernandes de Souza, Bernardo Ostrovski, Giovanna Ribeiro Paiva de Souza, Patrícia Franco Ravaioli, Rafael Morrone Barbat Parfitt, Reynaldo Fernandes, Victor Simões Dornelas.

Acima do título: Projeto Rio Doce - Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados para as Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão.

Inclui bibliografia.

1. Projeto Rio Doce. 2. Fundão, Barragem de (MG). 3. Barragens e açudes - Aspectos sociais. 4. Segurança pública - Minas Gerais. I. Título.

CDD – 627.8

EQUIPE TÉCNICA

Amanda Cappellazzo Arabage

Ana Carolina Marinato de Resende

André Portela Fernandes de Souza

Bernardo Ostrovski

Giovanna Ribeiro Paiva de Souza

Patrícia Franco Ravaioli

Rafael Morrone Barbat Parfitt

Reynaldo Fernandes

Victor Simões Dornelas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Fluxograma ilustrando potenciais canais e possíveis impactos na área de segurança pública.....	15
Figura 2 — Óbitos ocorridos por causas violentas por município de residência do falecido e de ocorrência do óbito entre nov./2014 e out./2015 (DATASUS)	23
Figura 3 — Óbitos ocorridos por causas violentas por provável município de ocorrência do fato gerador do óbito entre nov./2014 e out./2015 (DATASUS).....	25
Figura 4 — Anualização dos dados do DATASUS com referência a novembro de 2015	27
Figura 5 — Ilustração do método de diferença-em-diferenças	37
Figura 6 — Definição do grupo de comparação 1: demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo	51
Figura 7 — Definição do grupo de comparação 2: municípios vizinhos contíguos dos atingidos	52
Figura 8 — Definição do grupo de comparação 3: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos dos atingidos	53
Figura 9 — Definição do grupo de comparação 4: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos dos atingidos pareados via Kernel.....	54
Figura 10 — Definição do grupo de comparação 5: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos pareados via Kernel	55
Figura 11 — Ilustração do processo de pareamento para definição do grupo de comparação 5.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Número de óbitos relacionados a agressão por local de ocorrência.....	25
Tabela 2 — Número de óbitos por causas externas (não acidentais nem eventuais) por circunstância em que o óbito se deu.....	26
Tabela 3 — Número de óbitos relacionados a agressão por circunstância em que o óbito se deu.....	27
Tabela 4 — Número de boletins de ocorrência registrados por tipo de crime, Minas Gerais.....	29
Tabela 5 — Número de boletins de ocorrência registrados por tipo de crime, Espírito Santo.....	30
Tabela 6 — Variáveis utilizadas para a estimação do escore de propensão	47
Tabela 7 — Estatísticas descritivas: número de óbitos devido a causas relacionadas à violência, Minas Gerais.....	58
Tabela 8 — Estatísticas descritivas: número de óbitos devido a causas relacionadas à violência, Espírito Santo	59
Tabela 9 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência.....	60
Tabela 10 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens	62
Tabela 11 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres.....	63
Tabela 12 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 1	65
Tabela 13 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 2.....	65
Tabela 14 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 3.....	66
Tabela 15 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 4.....	66
Tabela 16 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 5.....	67

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Comparação entre taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência e o número de boletins de ocorrência de homicídios registrados.....	32
Gráfico 2 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência.....	70
Gráfico 3 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens.....	71
Gráfico 4 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres.....	72
Gráfico 5 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência.....	74
Gráfico 6 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens	76
Gráfico 7 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens de 15 a 29 anos	78
Gráfico 8 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres.....	80
Gráfico 9 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres de 15 a 29 anos	81

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	8
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS E DADOS UTILIZADOS	18
2.1 Definição dos parâmetros de interesse	18
2.2 Definição do indicador de impacto	18
2.3 Fontes de dados utilizadas	19
3 METODOLOGIA	35
3.1 Métodos econométricos de avaliação de impactos	35
3.2 Definição dos grupos	48
4 RESULTADOS	57
4.1 Estatísticas descritivas e considerações sobre os grupos de comparação	57
4.2 Inspeção visual de tendências pré-rompimento	67
4.3 Resultados das estimações	72
5 CONCLUSÃO	82
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A	87
APÊNDICE B	89
APÊNDICE C	91
ANEXO A	103

SUMÁRIO EXECUTIVO

Neste relatório, são apresentados os resultados de uma primeira abordagem para avaliar os impactos causados pelo rompimento da Barragem de Fundão (MG) na área de segurança pública. Estimam-se os impactos médios do rompimento no conjunto dos 45 municípios considerados atingidos.

O grupo de municípios atingidos é composto por 45 municípios, sendo eles: (i) Em Minas Gerais: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galileia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo d'Água, Ponte Nova, Raul Soares, Resplendor, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem Peixe, Sobrália, Timóteo e Tumiritinga; (ii) no Espírito Santo: Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus.¹

Neste estudo, avaliam-se os impactos médios do rompimento no conjunto de 45 municípios atingidos sobre a ocorrência de óbitos violentos, compreendidos como aqueles em que ao menos uma das causas é associada a agressões intencionais de outrem. São utilizados dados secundários públicos e estudados cinco recortes demográficos: geral, homens, homens entre 15 e 29 anos, mulheres e mulheres entre 15 e 29 anos. As informações de óbitos são obtidas por meio do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), em que são registradas todas as declarações de óbito geradas no Brasil.² A declaração de óbito é o documento-base do SIM, sendo produzida em todo caso de morte (natural ou por causas externas), incluindo mortes ao nascer e óbitos fetais de gestações acima de 20 semanas.

Apesar de óbitos violentos estarem diretamente associados apenas a um conjunto específico de crimes (os que fazem vítimas fatais), argumenta-se que uma variação sistemática na incidência de óbitos violentos na região atingida pode refletir uma possível deterioração das condições socioeconômicas locais, o que levaria a aumento de tensões sociais e agravos de criminalidade. Neste estudo, portanto, o que motiva a análise da ocorrência de óbitos violentos não é simplesmente a hipótese de variação no

¹ Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão considerados nos demais estudos produzidos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Ressalta-se ainda que essa lista de municípios atingidos não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

² Disponível em: <<ftp://ftp.datasus.gov.br/dissemin/publicos/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

número de homicídios associada ao rompimento, mas sim a de que este fenômeno estaria inserido num contexto mais amplo de mudança no nível de criminalidade e, portanto, da capacidade de autoridades em manter as condições de segurança que as populações detinham antes do desastre. Em outras palavras, o argumento explorado está fundamentado na hipótese de que o número anual de homicídios pode ter se alterado em decorrência do rompimento conjuntamente com o de crimes em geral.

Para cada indicador de impacto, comparam-se as evoluções, ao longo do tempo, das médias para os municípios atingidos (grupo atingido) e para outros municípios considerados não atingidos (grupos de comparação).³ com o intuito de tecer considerações sobre a existência de impacto e, na hipótese de ele ser verificado, sobre sua direção e magnitude. A análise proposta baseia-se, portanto, na comparação dos indicadores municipais ao longo do tempo entre grupos. Mediante o uso de métodos econométricos de avaliação de impactos, especificamente de diferença-em-diferenças e de sua combinação com o método de pareamento, produziram-se estimativas do efeito médio do rompimento nos municípios atingidos.

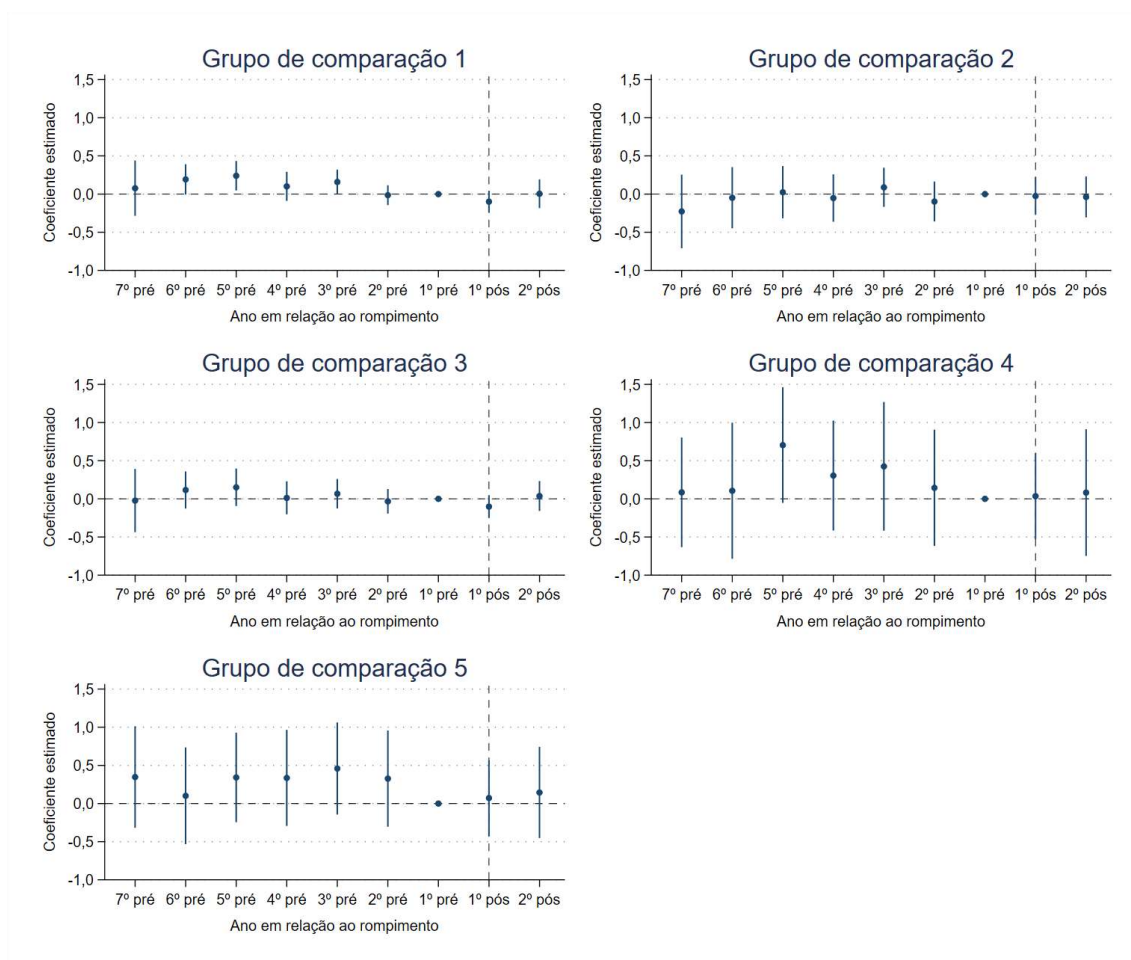
São considerados cinco grupos de comparação, separadamente, que variam em função da agregação geográfica e dos pesos atribuídos a cada município. São eles: (i) grupo de comparação 1: todos os municípios não atingidos de Minas Gerais e Espírito Santo; (ii) grupo de comparação 2: municípios vizinhos contíguos aos atingidos; (iii) grupo de comparação 3: demais municípios das mesorregiões nas quais localizam-se os 45 municípios atingidos, excluindo-se os municípios vizinhos contíguos aos atingidos; (iv) grupo de comparação 4: refinamento do grupo de comparação 3 utilizando o método de pareamento; e (v) grupo de comparação 5: demais municípios das mesorregiões nas quais localizam-se os 45 municípios atingidos, incluindo-se os aqueles que são vizinhos contíguos aos atingidos e utilizando o método de pareamento.

Os grupos de comparação preferidos pelos autores são os que consideram aqueles que fazem uso do método de pareamento para atribuir pesos diferenciados aos municípios não atingidos (grupos de comparação 4 e 5). Isso os torna mais plausíveis de representarem a situação contrafactual, isto é o que aconteceria com o grupo de atingidos caso não houvesse ocorrido o rompimento da Barragem de Fundão. O

³ Cada grupo de comparação utilizado nas análises é composto por um subconjunto de municípios não atingidos, sendo que municípios listados neste estudo como “não atingidos” correspondem à totalidade dos municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo deduzida daqueles considerados atingidos. Ressalta-se que a utilização das categorias de municípios “atingidos” e “não atingidos” não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

conjunto de resultados para a taxa de óbitos por causas relacionadas à violência por 100 mil habitantes sem se restringir a um recorte demográfico específico (isto é, são consideradas todas as ocorrências de óbitos relacionados a agressões) é apresentado no gráfico abaixo.⁴

Gráfico 1 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados do SIM (DATASUS).

Os resultados das diferenças-em-diferenças não encontram impactos estatisticamente significativos e diferentes de zero. Embora não seja possível detectar impactos robustos para esse nível de agregação, tampouco podemos afirmar a inexistência de impactos. De modo geral, os modelos estimados não permitem descartar a possibilidade de que o impacto médio do rompimento sobre os municípios atingidos seja igual a zero para o caso de taxas de óbitos relacionadas a causas violentas. Ressalte-se, todavia, que

⁴ No relatório, estão disponíveis os demais resultados referentes a análises utilizando diferentes especificações e grupos de comparação.

esses resultados não dão suporte à conclusão de que o rompimento não teve qualquer efeito sobre o nível de criminalidade nos municípios atingidos quando se consideram outros aspectos, recortes sociodemográficos e particularidades. Pelo contrário, o que se tira deste primeiro estudo é que as evidências são ainda preliminares e justificam a condução de outras investigações sobre os indicadores de impacto para segurança pública, explorando inclusive outras metodologias que consigam extrair mais informação dos dados tipicamente disponíveis para essa área. Por exemplo, Cerqueira et al. (2019) sugerem explorar, no caso de violência letal contra mulheres, outras características específicas dos óbitos para além das consideradas aqui. Segundo eles, o feminicídio poderia ser observado no SIM (DATASUS) quando se investigam especificamente os óbitos de mulheres em que o local de ocorrência foi a própria residência, pois esse tipo de crime frequentemente é perpetrado por alguém íntimo da vítima. De fato, a importância de analisar os óbitos em características específicas é atestado pelos autores no artigo citado, que mostram que enquanto os óbitos de mulheres não configurados como feminicídio exibem movimento de redução no país, os feminicídios em si estão em tendência de alta.

Uma limitação das estimativas aqui apresentadas é que o parâmetro de interesse a que se referem, o efeito médio do rompimento sobre o grupo de 45 municípios atingidos, não é capaz de expressar possíveis efeitos heterogêneos que podem existir entre os municípios atingidos. Desde tamanho populacional até especialização econômica, a diversidade encontrada nesse grupo pode ter influência determinante sobre como suas respectivas taxas de óbitos violentos respondem ao rompimento, podendo mesmo fazer com que os efeitos sobre as taxas de alguns anulem o impacto de outros, resultando em um efeito médio estatisticamente nulo (como o obtido no relatório). Além disso, a combinação dos métodos de diferença-em-diferenças e pareamento — adotada com o propósito de mitigar as diferenças entre os grupos atingido e de comparação e eliminar fatores de influência invariantes no tempo — não consegue excluir a influência de outros fatores não observáveis que variam no tempo e podem influenciar os grupos de maneira distinta. Optando por análises focadas em grupos mais homogêneos de municípios, como aqueles com tamanho populacional semelhante ou os que tiveram proporcionalmente maiores partes de seus territórios atingidas pela lama de rejeitos, por exemplo, torna-se possível produzir estimativas específicas e possivelmente mais precisas para os mesmos, permitindo investigar, portanto, a existência de heterogeneidade nos impactos do rompimento na área de segurança pública.

Com relação aos dados utilizados, é possível que a agregação de óbitos ao nível de municípios não seja ideal, especialmente caso se considere que o impacto pode estar

especialmente concentrado em sub-regiões deles. Isto é plausível dado que não são raras as comunidades e distritos atingidos localizados em zonas rurais e/ou que estão relativamente isolados na região pela qual corre o Rio Doce. Dessa maneira, como eventuais ocorrências nessas localidades ficam agregadas às demais ocorrências dos municípios aos quais pertencem, isso poderia “diluir” o possível efeito provocado pelo rompimento específico nessas sub-regiões.⁵ Ainda, a escassez de dados relacionados à qualidade da segurança pública e a outras características dos municípios que variam ao longo do tempo limitou de maneira importante a quantidade de informação que poderia ser incorporada aos modelos e poderia tornar os grupos de comparação mais similares aos atingidos, não obstante a heterogeneidade característica destes.

⁵ Utilizar recortes territoriais mais finos, entretanto, não é possível com os dados públicos do SIM (DATASUS). Ainda que fosse, a análise teria de lidar com um problema ainda mais acentuado de mudança composicional, uma vez que deslocamentos intramunicipais são ainda mais comuns que intermunicipais.

1 INTRODUÇÃO

O rompimento da Barragem de Fundão, ocorrido em 5 de novembro de 2015, levou a diversas mudanças na dinâmica social e econômica dos municípios atingidos. Com o intuito de avaliar os danos socioeconômicos causados pelo rompimento, a Fundação Getúlio Vargas (FGV) conduzirá uma série de avaliações de impacto considerando dimensões diversas, entre as quais, a de segurança pública.

Neste relatório, são apresentados os resultados de uma primeira abordagem para avaliar os impactos causados pelo rompimento na área de segurança pública. Avaliam-se os impactos médios do rompimento no conjunto de 45 municípios atingidos¹ sobre a ocorrência de óbitos violentos, compreendidos como aqueles em que ao menos uma das causas é associada a agressões intencionais de outrem. São utilizados dados secundários públicos e estudados cinco recortes demográficos: geral, homens, homens entre 15 e 29 anos, mulheres e mulheres entre 15 e 29 anos.

Apesar de óbitos violentos estarem diretamente associados apenas a um conjunto específico de crimes (os que fazem vítimas fatais), argumenta-se adiante que uma variação sistemática na incidência de óbitos violentos na região atingida pode refletir uma possível deterioração das condições socioeconômicas locais, o que levaria a aumento de tensões sociais e agravos de criminalidade. Neste estudo, portanto, o que motiva a análise da ocorrência de óbitos violentos não é simplesmente a hipótese de variação no número de homicídios associada ao rompimento, mas sim a de que este fenômeno estaria inserido num contexto mais amplo de mudança no nível de criminalidade e, portanto, da capacidade de autoridades de manter as condições de segurança que as populações detinham antes do desastre. Em outras palavras, o argumento explorado está fundamentado na hipótese de que o número anual de homicídios pode ter se alterado em decorrência do rompimento conjuntamente com o de crimes em geral.

A estimação dos impactos é feita através de métodos econométricos, detalhados na seção 3. Em essência, a evolução, ao longo do tempo, do número médio de óbitos violentos por 100 mil habitantes é comparada entre municípios atingidos (grupo

¹ A lista de municípios atingidos considerada no presente documento é apresentada na subseção 3.2.1, tendo sido elaborada somente para fins de produção deste relatório. Não configura uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que essa lista de municípios atingidos não representa um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

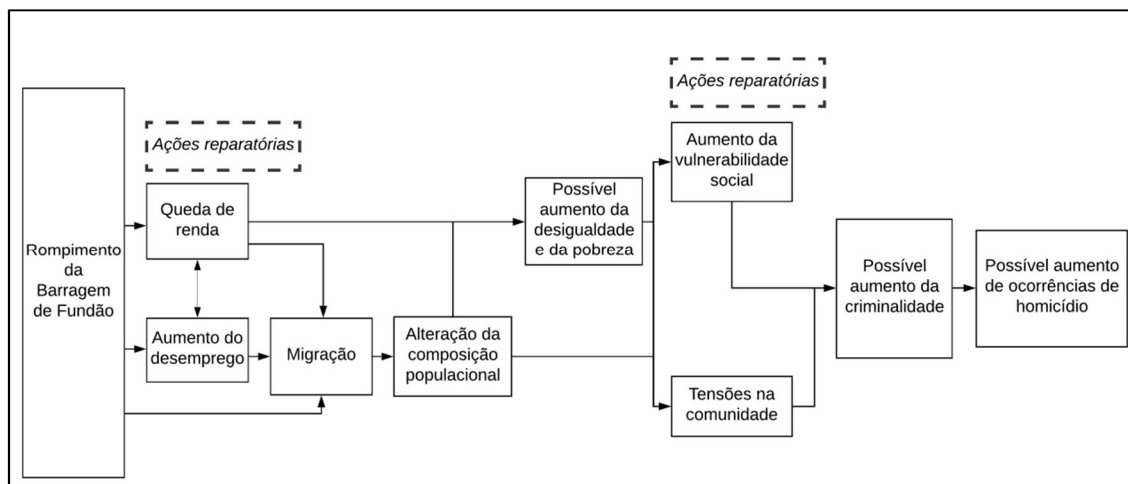
atingido)² e não atingidos (grupos de comparação)³ com o objetivo de produzir evidências quantitativas da existência, direção e magnitude do impacto causal do rompimento, isto é, de causa e efeito. Note que o uso do ferramental econométrico serve ao propósito de esclarecer se houve impacto do rompimento sobre segurança pública e, caso tenha havido, estimar sua magnitude, buscando sempre investigar relações de causa e efeito. Ainda, os métodos recuperam parâmetros específicos, como o efeito médio sobre todos os municípios atingidos, implicando que as estimativas aqui apresentadas não retratam efeitos específicos a um ou outro município em particular, mas sim um efeito médio considerando o conjunto deles. Ressalta-se que heterogeneidade em diversas dimensões é característica marcante deste conjunto de municípios, de modo que os resultados obtidos devem ser interpretados não apenas como um fim em si mesmos, mas como insumos para embasar possíveis investigações futuras mais minuciosas.

A possibilidade de uma conexão entre o rompimento da Barragem de Fundão e a ocorrência de óbitos violentos nos municípios atingidos pode não ser evidente de imediato. Para auxiliar na compreensão do objeto do presente estudo, o fluxograma na Figura 1 fornece uma representação visual dos potenciais canais e possíveis impactos que, desencadeados pelo rompimento da barragem, podem culminar em agravo de criminalidade e insuficiência de segurança pública, fazendo-se refletir em aumento no número de homicídios.

² Veja a nota de rodapé 1.

³ A definição dos grupos de comparação é apresentada na subseção 3.2.2. Cada grupo de comparação utilizado nas análises é composto por um subconjunto de municípios não atingidos, sendo que municípios listados neste estudo como “não atingidos” correspondem à totalidade dos municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo deduzida daqueles considerados atingidos (vide lista disponível na subseção 3.2.1). Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que a utilização das categorias de municípios “atingidos” e “não atingidos” não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

Figura 1 — Fluxograma ilustrando potenciais canais e possíveis impactos na área de segurança pública



Fonte: elaborada pelos autores (2019).

O entendimento de que um aumento na ocorrência de homicídios se deveria a um aumento da criminalidade em geral torna necessário compreender por que se poderia esperar um crescimento no número de crimes. Do rompimento da Barragem de Fundão, três canais se destacam como possíveis elos relevantes: a queda de renda, o aumento do desemprego e a migração.

A queda de renda causada pela destruição de ofícios e desaceleração da atividade econômica em geral pode ter provocado aumento da desigualdade e da pobreza, expondo uma parcela maior da população dos municípios a situação de vulnerabilidade social. Neste cenário, é possível que tenha havido um aumento da ocorrência de crimes (ex.: tráfico de drogas e crimes contra o patrimônio) e da violência (ex.: lesões corporais e homicídios), especialmente em contexto de rede assistencial insuficiente e poucas oportunidades econômicas. Neste sentido, os quadros referentes a ações reparatórias sinalizam que há programas da Fundação Renova cujos escopos podem atenuar — eventualmente, eliminar — essa relação de causa e efeito. Por exemplo, há ações voltadas à reativação e diversificação das economias locais⁴ e o próprio Programa de Auxílio Financeiro Emergencial (PG21), que podem mitigar o canal de queda de renda. Há ainda o Programa de Proteção Social (PG05), voltado ao fortalecimento das redes de proteção social, com potencial para prover maior auxílio a pessoas em situação de vulnerabilidade.

⁴ Exemplos: Programa de Desenvolvimento e Diversificação Econômica (PG18), Programa de Retomada das Atividades Aquícolas e Pesqueira (PG16), Programa de Retomada das Atividades Agropecuárias (PG17) e Programa de Recuperação de Micro e Pequenos Negócios (PG19).

O aumento do desemprego também pode desencadear fatos que levam a um aumento da criminalidade, inclusive por meio do próprio canal de renda. A flecha em duplo sentido entre os dois quadros (“aumento do desemprego” e “queda de renda”) simboliza uma relação de retroalimentação, uma vez que o desemprego reduz a renda disponível das pessoas, o que deprime a economia e leva, por sua vez, ao esvaziamento de oportunidades econômicas. Conjuntamente com o canal de renda, todavia, o desemprego pode ainda desencadear fluxos migratórios de pessoas que buscam trabalho em locais mais distantes. Considerado o perfil de vários dos municípios atingidos, em que uma parcela grande de suas populações exerce atividades de agropecuária e pesca desenvolvidas em grupos pequenos, é possível que tenha havido migração para outras localidades de parte da população economicamente ativa, sendo provável que o perfil das pessoas que se mantêm nas áreas atingidas apresente maior grau de vulnerabilidade.

Note que o rompimento da Barragem de Fundão por si só também pode provocar movimentos migratórios.⁵ Aqui, pode-se conjecturar fluxos nos sentidos de saída e também de entrada. A emigração de pessoas que, ainda que não tenham tido suas atividades econômicas inviabilizadas por completo pelo rompimento, decidem trocar o contexto de pobreza crescente e degradação ambiental em municípios atingidos por outros locais atua no sentido de esvaziamento e depressão da economia discutido acima. Um fluxo de imigração, entretanto, pode ser provocado pelo reforço em serviços públicos providos pelos governos que faz parte das ações reparatórias previstas e ainda pela eventual possibilidade de inclusão em alguns dos programas de reparação da Fundação Renova. Isto pode gerar conflitos nas comunidades atingidas ao forçar a convivência de locais, habituados à vida em grupos menores e com laços profundos, com pessoas sem qualquer conexão com seus costumes e tradições. Por meio do agravamento de tensões sociais, portanto, é possível também vislumbrar um canal que une o rompimento a uma maior incidência de crimes.

Cabe ressaltar que os impactos na área de segurança pública estimados e apresentados na subseção 4.3 referem-se aos efeitos médios do rompimento da Barragem de Fundão nos municípios atingidos incluindo os efeitos das ações reparatórias já realizadas e em curso, não fazendo parte do escopo do presente estudo a dissociação desses efeitos (rompimento e ações de reparação).

O relatório é composto por quatro seções, além desta introdução. Na seção 2, são apresentados os objetivos da análise e os dados utilizados para tal, detalhando quais

⁵ A FGV pretende investigar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre migração nos municípios atingidos em estudos futuros.

são os parâmetros de interesse e apresentando o indicador de impacto analisado. Na seção 3, discute-se a metodologia utilizada, detalhando os métodos econométricos para avaliação de impactos empregados na análise e as definições de grupo atingido e grupos de comparação. Na seção 4, são apresentadas estatísticas descritivas e os resultados por indicador de impacto e recorte demográfico analisado. À seção 5 são reservadas as considerações finais. Ao final do relatório, seguem as referências bibliográficas, apêndices e anexos citados ao longo do texto.

2 OBJETIVOS E DADOS UTILIZADOS

A avaliação de impactos na área de segurança pública tem como objetivo mensurar os impactos do rompimento da barragem de Fundão sobre um indicador de impacto e recortes demográficos selecionados, buscando identificar relações de causa e efeito entre o rompimento e possíveis alterações observadas nesses indicadores. Trata-se de uma primeira abordagem para a investigação de impactos nessa dimensão, não excluindo a possibilidade de investigações futuras que façam uso de outras metodologias e recortes regionais e/ou sociodemográficos. Nesta seção, são apresentados os parâmetros de interesse, o indicador de impacto considerado e as fontes e bancos de dados utilizados.

2.1 Definição dos parâmetros de interesse

O parâmetro de interesse neste trabalho é o efeito médio do rompimento da Barragem de Fundão sobre os municípios atingidos nos anos posteriores ao rompimento. Utilizando a terminologia da literatura de avaliação econométrica de impactos, este parâmetro corresponde ao “efeito médio do tratamento sobre os tratados” (em inglês, *average treatment effect on the treated* (ATT)), com a diferença de que a investigação aqui não se refere a um “tratamento”, mas sim ao rompimento da Barragem de Fundão.

2.2 Definição do indicador de impacto

O indicador de impacto adotado é a taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência por 100 mil habitantes, definida como:

$$Taxa\ de\ \acute{o}bitos_{mct} = \frac{Número\ de\ \acute{o}bitos_{mct}}{População_{mt}} * 100.000$$

onde:

- m refere-se a um município;
- c refere-se a um subconjunto de códigos CID-10 de causas externas, conforme apresentados na Tabela 1 do anexo;
- t refere-se ao ano de referência;
- $Taxa\ de\ \acute{o}bitos_{mct}$ corresponde à taxa de óbitos de residentes do município m devido à causa c por 100 mil habitantes no ano de referência t ;

- $Número\ de\ óbitos_{mct}$ corresponde ao número total de óbitos de residentes do município m devido à causa c no ano de referência t ;
- $População_{mt}$ corresponde à projeção do tamanho da população do município m para o ano de referência t .

A taxa de óbitos associados à violência é uma variável bastante comum em estudos que desenvolvem uma abordagem econômica em temas relacionados a crime, como pode ser visto em Cerqueira (2014), Chimeli e Soares (2017), Dix-Carneiro, Soares e Ulyseia (2018) e Cerqueira et al. (2019). Ainda que a violência letal seja uma ocorrência rara em comparação a crimes menos severos, a incidência destes últimos se mostra altamente correlacionada com a de óbitos por violência, conforme mostram Dix-Carneiro, Soares e Ulyseia (2018), sugerindo que o indicador escolhido para a presente análise de fato provê uma boa aproximação para criminalidade em geral. Ademais, a literatura econômica mostra que séries de dados de mortalidade associada à violência tendem a ser mais confiáveis que outras estatísticas de criminalidade em países em desenvolvimento, essencialmente devido a altos índices de subnotificação de crimes menos graves (SOARES, 2004).⁶

O indicador de impacto foi analisado em quatro recortes demográficos específicos: (i) apenas óbitos violentos entre homens; (ii) apenas óbitos violentos entre homens de 15 a 29 anos de idade; (iii) apenas óbitos violentos entre mulheres; e (iv) apenas óbitos violentos entre mulheres de 15 a 29 anos de idade. Além destes, a taxa de óbitos foi analisada também sem restrição a recorte demográfico (isto é, considerando todas as ocorrências de óbitos violentos independentemente de características da vítima). Nos cinco casos, aplicou-se uma transformação matemática (arco seno hiperbólico) ao indicador que visa reduzir a dispersão observada nos dados e adequá-la melhor à modelagem estatística empregada, descrita nas seções 3.1.1 e 3.1.2⁷.

2.3 Fontes de dados utilizadas

Diferentes fontes de dados foram utilizadas para a elaboração deste relatório. Abaixo, é apresentada uma descrição destas informações e, em particular para aquelas mais ligadas à área de segurança pública em si, uma discussão mais extensa acerca do tratamento dispensado e hipóteses feitas para a operacionalização dos dados. As

⁶ Com efeito, ao se referir à principal fonte de dados usada neste estudo, Cerqueira (2013, p. 7) classifica os dados de mortalidade do Sistema Único de Saúde (SUS) como um “patrimônio nacional”.

⁷ O arco seno hiperbólico é uma transformação monotônica com propriedades similares ao logaritmo natural (ln). A diferença principal está no fato de que, diferentemente deste último, o arco seno hiperbólico é definido em zero.

informações elencadas viabilizam o estudo de avaliação de impactos, seja diretamente na construção dos indicadores de interesse ou na implementação da estratégia de investigação empírica.

2.3.1 Dados referentes a indicadores de impacto na área de segurança pública

Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM — SUS)

O Sistema Único de Saúde (SUS), por meio de seu Departamento de Informática (DATASUS), disponibiliza de maneira gratuita, ao público, bancos de dados que são alimentados por seus sistemas de informação, onde se produzem e circulam os registros feitos pelos órgãos e instituições sob sua alçada ou a ele associados. Desde o fato gerador, que a depender do sistema de informação pode ser um nascimento, uma internação custeada pelo SUS, uma ocorrência de enfermidade específica monitorada com maior atenção, um atendimento ambulatorial ou um óbito, há um esforço de produção, padronização e compilação de registros que culmina em bases de dados bastante detalhadas. Nelas, é possível observar não só o momento e local das ocorrências, mas também características das pessoas a que se referem e do processo em si, como duração da internação ou motivo de ingresso no sistema, por exemplo.

Neste relatório, enfocou-se o Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM),⁸ onde são registradas todas as declarações de óbito geradas no Brasil.⁹ A declaração de óbito é o documento-base do SIM, sendo produzida em todo caso de morte (natural ou por causas externas), incluindo mortes ao nascer e óbitos fetais de gestações acima de 20 semanas (BRASIL, 2009). Os bancos de dados alimentados pelo SIM são disponibilizados em arquivos consolidados por ano e por unidade da Federação, tendo sido obtidos e tratados, para este estudo, todos os referentes ao período de 2008 a 2017 e a todas as unidades federativas do país. Faz-se uso das seguintes informações de cada registro de óbito:

- I causa básica do óbito, definida como o fato que iniciou a cadeia de eventos que levou a óbito;

⁸ Cabe mencionar que no estudo “Análise de Agravos Notificados às Bases do DATASUS”, também no contexto do projeto Diagnóstico, Avaliação dos Impactos e Valoração dos Danos Socioeconômicos Causados nas Comunidades Atingidas pelo Rompimento da Barragem de Fundão, a FGV utiliza outros dados também disponíveis no SIM e em outros sistemas de dados do DATASUS.

⁹ Disponível em: <<ftp://ftp.datasus.gov.br/dissemin/publicos/>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

- II causas associadas, entendidas como as eventuais intermediárias entre o fato inicial e o óbito;
- III data do óbito (aproximada, dependendo do caso);
- IV sexo do falecido (indeterminado, dependendo do caso);
- V idade do falecido (presumida ou indeterminada, dependendo do caso);
- VI município de ocorrência, onde o indivíduo foi a óbito (indeterminado, dependendo do caso);
- VII município de residência, onde o falecido habitualmente residia (indeterminado, dependendo do caso);
- VIII local de ocorrência, definido como o ambiente em que o indivíduo foi a óbito, podendo ser:
 - hospital;
 - outro estabelecimento de saúde;
 - domicílio;
 - via pública;
 - outros;
 - indeterminado.

Essas informações foram utilizadas para selecionar as causas de óbitos tipicamente observadas em mortes violentas e localizá-las nos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão e nos municípios incluídos nos grupos de comparação. Além disso, por meio delas construímos recortes demográficos para análises específicas em subpopulações que podem apresentar dinâmicas diferentes em ocorrência de óbitos por causas violentas. Tais causas foram selecionadas entre os códigos relacionados no capítulo XX da 10ª revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), “Causas externas de morbidade e mortalidade”.¹⁰ Tendo em vista o interesse deste estudo sobre a área de segurança pública, os códigos escolhidos pertencem à categoria de “agressões intencionais”, abrangendo de X85 até X99 e de Y00 até Y09.¹¹ Essa decisão encontra suporte em outros trabalhos da literatura acadêmica de Economia voltados a temas relacionados a criminalidade e segurança

¹⁰ A classificação completa está disponível no *website* da Organização Mundial da Saúde (<https://icd.who.int/browse10/2010/en>).

¹¹ A descrição de cada um deles pode ser conferida na Tabela 1 do anexo.

pública. De fato, há evidências favoráveis ao uso deste recorte particular de óbitos como aproximação para a ocorrência de crimes violentos, atestando sua consistência em análises que envolvem arcabouços estatísticos, como a desenvolvida neste estudo.¹² Ainda, segundo Soares (2004), o uso de óbitos violentos como aproximação para a criminalidade tende a reduzir ao máximo as subnotificações e outros problemas que tipicamente se manifestam em dados criminais.

O banco de dados oferece de imediato duas maneiras de atribuir localização aos óbitos registrados: município de residência e de ocorrência. Dos 60.444 óbitos associados a agressões registrados entre 2008 e 2017 que ocorreram em ou vitimaram residentes de Espírito Santo ou Minas Gerais, em 12.822 os municípios registrados como sendo os de residência e de ocorrência são diferentes. Portanto, a escolha de qual informação utilizar para localizar as mortes registradas no território pode não ser inócua. O município de residência pode não ser uma boa opção metodológica em regiões onde ocorre, por exemplo, a chamada “migração pendular”, em que indivíduos comutam entre municípios com alta frequência para fins de trabalho, estudo, tratamento médico etc. Nesse contexto, atribuir os óbitos registrados aos municípios de residência pode ser incorreto se não for nesses locais que os falecidos passavam a maior parte do tempo e possivelmente mais se expunham a riscos. Evidentemente, a migração pendular é típica de regiões metropolitanas, contexto alheio ao da maioria dos municípios atingidos, mas a essência do problema se preserva se considerarmos que um pescador, por exemplo, não necessariamente se restringe à jurisdição do município em que mora para exercer seu ofício, podendo então ser vitimado em outro local. Dessa maneira, a opção por atribuir os óbitos registrados aos municípios de residência pode não ser a mais adequada quando o objetivo é investigar a ocorrência de violência, uma vez que poderia levar a uma aparente redução do número de ocorrências de óbitos em municípios com economia mais dinâmica.

A informação de município de ocorrência, por sua vez, parece uma escolha natural para identificar os locais com maior incidência de violência, porém está sujeita também a problemas: os óbitos que acontecem em estabelecimentos de saúde e a prática de “translado de corpo”. O primeiro pode distorcer a real incidência de óbitos por agressão ao concentrar mortes em municípios com maior provisão de serviços de saúde, podendo levar à conclusão equivocada de que municípios com menor infraestrutura de saúde seriam menos violentos do que efetivamente são. O segundo problema se refere à

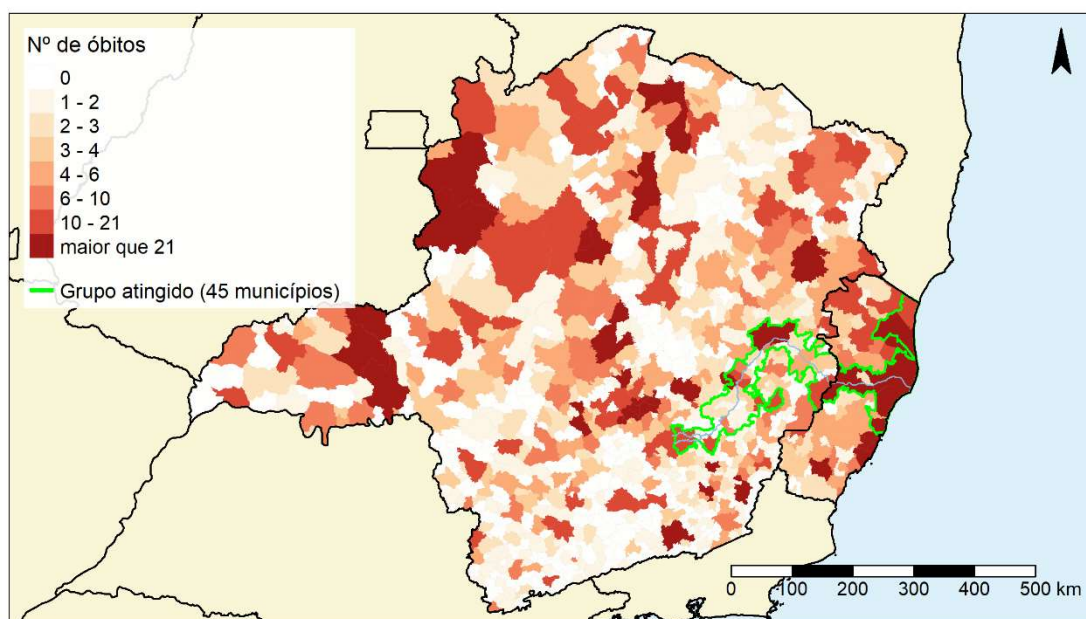
¹² Alguns trabalhos em temas relacionados à violência que utilizam dados dessa fonte são Soares (2004), Cerqueira (2014), Costa et al. (2018), Dix-Carneiro, Soares e Ulyssea (2018) e Cerqueira et al. (2019).

prática de criminosos que movem cadáveres para apagar vestígios e confundir investigações. Entretanto, embora a possibilidade seja real, pode-se argumentar que se trata de algo provavelmente pouco frequente na maior parte dos municípios atingidos pelo rompimento da barragem, dadas suas características (muitas comunidades rurais com presença possivelmente pequena de crime organizado).

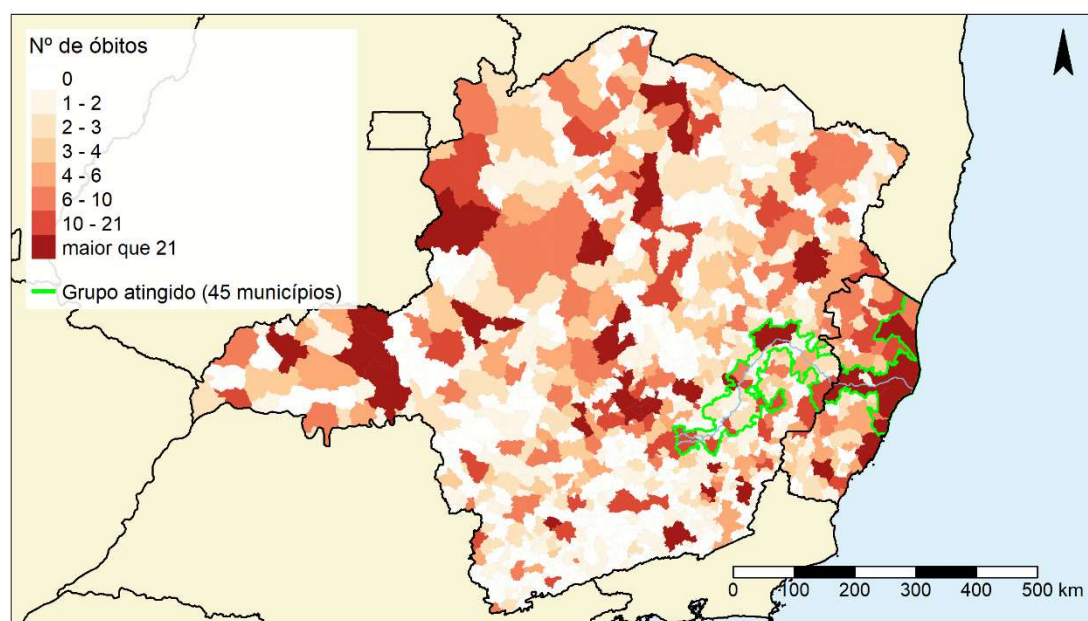
Os mapas abaixo – Figura 2 – proveem uma representação visual do total de óbitos por agressões entre novembro de 2014 e outubro de 2015 (período pré-rompimento) nos municípios de Espírito Santo e Minas Gerais. O primeiro ilustra óbitos por município de residência, enquanto o segundo os mostra quando se utiliza a informação de município de ocorrência. Embora bastante similares, é possível perceber que há maior incidência de cores escuras e brancas no segundo mapa, um potencial indício de existência das influências discutidas acima que levam à concentração de óbitos em alguns municípios. Além disso, ressalta-se que o mapa não permite visualizar as mudanças que ocorrem “intrafaixas” de ocorrências, como municípios que registram 11 óbitos quando se usa a informação de residência e 17 quando se usa o município de ocorrência. Nos dois casos, a cor que recebe é a mesma nos dois mapas.

Figura 2 — Óbitos ocorridos por causas violentas por município de residência do falecido e de ocorrência do óbito entre nov./2014 e out./2015 (DATASUS)

Município de residência



Município de ocorrência



Fonte: elaborado pelos autores utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010 e dados do SIM (DATASUS) referentes a 2014 e 2015.

Tendo em vista essas divergências, optou-se, neste estudo, por combinar as informações de município de residência e ocorrência em uma mesma variável por meio de uma regra de determinação. Como é possível observar o local de ocorrência da morte, a regra de determinação é tal que, nos casos em que o indivíduo faleceu em hospitais ou outros estabelecimentos de saúde, o óbito é atribuído ao município de residência, utilizando-se o município de ocorrência caso contrário. De 2008 a 2017, aproximadamente 25% dos óbitos anuais associados a agressões intencionais que ocorreram em Espírito Santo ou Minas Gerais ou que vitimaram residentes desses estados se deu em hospitais e estabelecimentos de saúde. A Tabela 1 permite observar que, entre os registros em que há divergência entre o município de ocorrência e de residência informados, essa proporção sobe para aproximadamente 44% na média geral entre os anos.

Tabela 1 — Número de óbitos relacionados a agressão por local de ocorrência

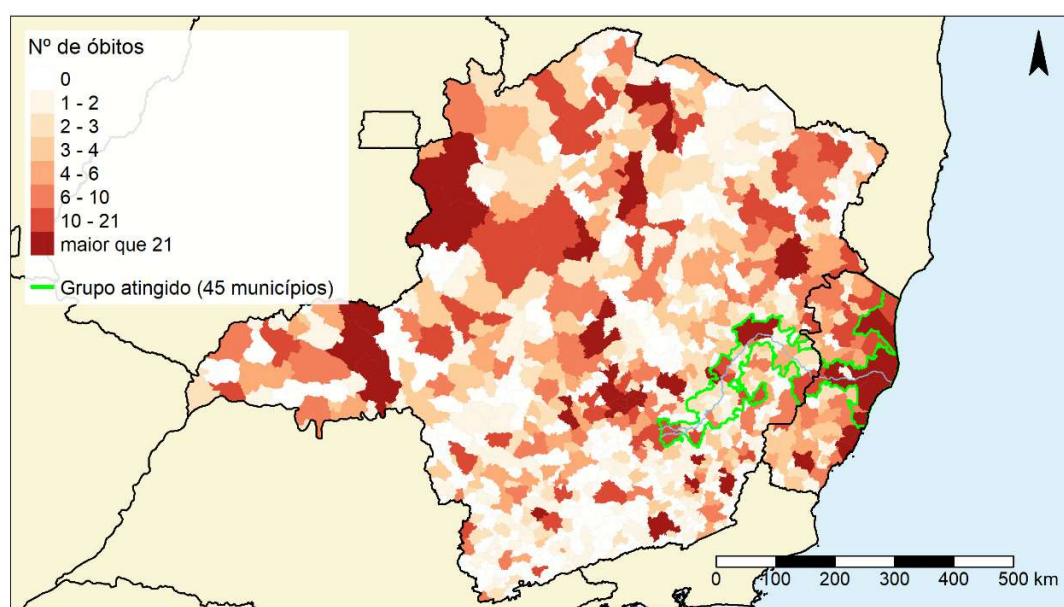
Ano	Hospital	Outros Estabelecimentos de saúde	Domicílio	Via pública	Outros	Indeterminado	Total
2008	498	18	31	382	213	20	1.162
2009	501	29	19	426	200	14	1.189
2010	501	34	20	390	217	22	1.184
2011	495	38	37	471	197	7	1.245
2012	559	48	29	475	238	9	1.358
2013	583	49	49	447	243	12	1.383
2014	510	61	19	507	227	7	1.331
2015	499	62	43	507	208	15	1.334
2016	534	56	43	489	224	12	1.358
2017	508	47	31	429	249	14	1.278

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: dados referentes a óbitos associados a agressões intencionais que ocorreram em Espírito Santo e Minas Gerais ou que vitimaram residentes desses estados, tendo sido considerados apenas óbitos em que o município de residência informado diverge do município de ocorrência.

Dessa maneira, busca-se mitigar os eventuais vieses de municípios cujos serviços de saúde cobrem outras regiões e os que propiciam melhores oportunidades econômicas. Esta regra de decisão tem efeito prático apenas sobre os 12.822 óbitos registrados cujo município de residência divergia do de ocorrência, resultando então na distribuição de óbitos por município ilustrada na Figura 3 para o período de novembro de 2014 a outubro de 2015.

Figura 3 — Óbitos ocorridos por causas violentas por provável município de ocorrência do fato gerador do óbito entre nov./2014 e out./2015 (DATASUS)



Fonte: elaborada pelos autores utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010 e dados do SIM (DATASUS) referentes a 2014 e 2015.

É importante mencionar que no próprio banco do DATASUS consta se o óbito registrado foi ou não enquadrado como homicídio pelo médico ou perito legista responsável. A Tabela 2 mostra que todas, exceto uma das mortes por causas externas não acidentais ou eventuais¹³ que foram classificadas como homicídios entre 2008 e 2017, têm ao menos uma causa relacionada a agressão.¹⁴

Tabela 2 — Número de óbitos por causas externas (não acidentais nem eventuais) por circunstância em que o óbito se deu

	Acidente	Suicídio	Homicídio	Outros	Indeterminado	Sem informação	Total
Sem agressão	2.233	13.562	1	2.051	12.406	1.560	31.813
Com agressão	799	7	57.238	42	2.089	269	60.444

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: dados referentes a óbitos classificados como homicídios entre 2008 e 2017 que ocorreram em Espírito Santo e Minas Gerais ou que vitimaram residentes destes estados.

Ao optar por analisar todos os óbitos com ao menos uma causa associada a agressão intencional, não apenas se contempla a quase totalidade do que foi explicitamente reconhecido como homicídio, mas também abarca óbitos atribuídos a outras circunstâncias. Ou seja, o estudo aqui desenvolvido não se restringe a homicídios declarados, mas contempla todas as mortes em que uma agressão intencional vinda de outrem teve papel significativo — no sentido de ser digno de menção na declaração de óbito — no fluxo causal que levou ao óbito. Essa é uma decisão alinhada ao objetivo de Cerqueira (2013), que busca identificar de maneira mais rigorosa os “homicídios ocultos” nos bancos de dados do SIM, sob a hipótese de que um número relevante de vítimas desses crimes termina por ter seus óbitos classificados como mortes por causas violentas indeterminadas. A Tabela 3 evidencia que os óbitos com ao menos uma causa ligada a agressões ocorrem com frequência não desprezível ao longo dos anos, sublinhando a distinção entre se trabalhar apenas com as mortes explicitamente reconhecidas como homicídios e com uma definição mais abrangente.

¹³ Este conjunto de códigos da CID-10 compreende desde X60 até Y36. Dentro do capítulo XX da CID-10, essas causas externas são compreendidas como “não acidentais e não eventuais”, pois não resultam de acidentes, complicações cirúrgicas ou de sequelas desenvolvidas anteriormente. Esses casos são contemplados pelos outros códigos do capítulo XX.

¹⁴ Este único óbito classificado como homicídio sem nenhuma causa associada a agressões intencionais ocorreu em 2010 no município de Ribeirão das Neves (MG) e foi atribuído a “causas desconhecidas com intencionalidade incerta” (código Y34 da CID-10). Optou-se por desconsiderá-lo da análise, pois, embora este tipo de ocorrência seja exatamente o objeto de interesse de Cerqueira (2013), foge ao escopo desta análise identificar “homicídios ocultos”.

Tabela 3 — Número de óbitos relacionados a agressão por circunstância em que o óbito se deu

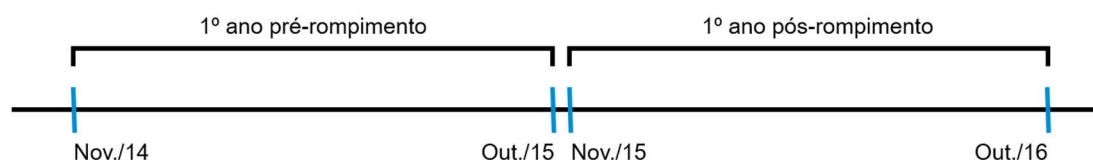
Ano	Acidente	Suicídio	Homicídio	Outros	Indeterminado	Sem informação	Total
2008	79	0	5.668	2	119	34	5.902
2009	87	1	5.526	2	159	39	5.814
2010	72	0	5.271	4	173	19	5.539
2011	85	3	5.754	7	157	16	6.022
2012	75	0	6.088	4	149	21	6.337
2013	84	0	6.139	7	191	22	6.443
2014	86	1	6.023	7	291	28	6.436
2015	87	1	5.679	2	295	11	6.075
2016	73	0	5.622	1	249	20	5.965
2017	71	1	5.468	6	306	59	5.911

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: dados referentes a óbitos relacionados a agressão que ocorreram em Espírito Santo e Minas Gerais ou que vitimaram residentes desses estados.

Por fim, a centralidade do rompimento da Barragem de Fundão nesta análise, conjuntamente com suas múltiplas e persistentes consequências, motivou a escolha de se definir a periodicidade dos dados com base na data em que se desencadeou o desastre. Dessa maneira, os registros de óbitos foram agregados por municípios e ano, sendo este último definido como os 12 meses entre novembro e outubro. Sendo assim, o primeiro “ano” da base de dados construída se inicia em novembro de 2008 e termina em outubro de 2009. O último ano, por sua vez, começa em novembro de 2016 e se encerra em outubro de 2017. Assim, tem-se uma clara distinção entre anos pré e pós-rompimento da barragem, o que facilita a modelagem estatística e a interpretação dos resultados. A Figura 4 ilustra o processo de anualização dos dados e a nomenclatura adotada sob a definição de “ano” criada aqui:

Figura 4 — Anualização dos dados do DATASUS com referência a novembro de 2015



Fonte: elaborada pelos autores (2019).

Ocorrências criminais (SinespJC) — Ministério da Justiça

O Sistema Nacional de Estatísticas em Segurança Pública e Justiça Criminal (SinespJC) compila estatísticas criminais com base em boletins de ocorrências criminais registrados

pelas polícias civis e militares de todas as unidades da Federação do país.¹⁵ As bases de dados referentes ao período entre 2010 e 2016 contemplam seis tipos de crimes; para 2017 e o primeiro semestre de 2018, são apresentados 50 tipos. Nelas, é possível ainda observar mês, ano e município de cada ocorrência registrada em boletim e submetida ao SinespJC. Neste estudo, foram utilizados os dados de 2010 a 2017.¹⁶

Em princípio, um banco de dados de boletins de ocorrência tornaria viável acompanhar ao longo do tempo a incidência de diversos tipos de crimes, não necessariamente envolvendo óbitos violentos. Assim, um estudo desse tipo de informação representaria um complemento importante à análise feita aqui a partir do SIM do DATASUS. As bases de dados do SinespJC, entretanto, apresentam dados faltantes para alguns períodos e municípios analisados, o que torna desaconselhável seu uso em exercícios estatísticos que tenham como objetivo produzir informações representativas sobre a população a que se referem.

As tabelas abaixo descrevem o comportamento das séries de boletins de ocorrência registrados no período de 2010 a 2017 nos municípios atingidos e nos demais municípios de Minas Gerais (Tabela 4) e do Espírito Santo (Tabela 5). De imediato se nota a grande flutuação no total de crimes reportados na primeira linha das tabelas. Em 2017, entretanto, deve-se considerar que vários tipos de crimes anteriormente não relacionados no banco de dados passaram a integrá-lo, levando a um salto no total de crimes reportados. A linha “Total sem demais crimes” acumula somente os seis tipos de crimes que se pode acompanhar desde 2010, evidenciando que a quantidade de crimes reportados em 2017 não se distingue do ano anterior de maneira inesperada. Todavia, esse número parece se estabilizar somente em 2015 para Minas Gerais e 2014 para o Espírito Santo.

Há grande variação também no número de municípios presentes no banco de dados. O maior salto se dá na passagem de 2012 a 2013 porque, até então, todos os municípios com menos de 100 mil habitantes eram agrupados sobre um único identificador. Com efeito, é impossível identificar a maioria dos municípios atingidos antes de 2013, visto que apenas a população de seis deles ultrapassava essa marca em 2010.¹⁷ Não

¹⁵ BRASIL. Ministério da Justiça. **Ocorrências Criminais** – Sistema Sinesp. Disponível em: <<http://dados.mj.gov.br/dataset/sistema-nacional-de-estatisticas-de-seguranca-publica>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

¹⁶ As bases de dados utilizadas aqui deixaram de estar disponíveis no portal de dados abertos do Ministério da Justiça em março de 2019. Foram substituídas por 27 novos bancos de dados, um para cada unidade da Federação e somente para o período de 2015 a 2018. Nelas, as informações deixaram de ser desagregadas por município e o número de tipos de crime apresentado foi reduzido a nove.

¹⁷ São eles Colatina, Linhares, São Mateus e Serra no Espírito Santo, e Governador Valadares e Ipatinga em Minas Gerais.

obstante, municípios entram e saem da base todos os anos em Minas Gerais, não sendo possível determinar com certeza se a ausência de um município em determinado ano significa que não houve ocorrência de nenhum desses tipos de crimes ou se simplesmente os boletins de ocorrência não foram computados no sistema do SinespJC.

Tabela 4 — Número de boletins de ocorrência registrados por tipo de crime, Minas Gerais

Municípios atingidos								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Todos os crimes reportados	814	0	1.854	1.373	298	2.453	2.603	44.786
		-100,0%		-25,9%	-78,3%	723,2%	6,1%	1.620,6%
Furto de veículo	577	0	1.575	991	0	1.871	1.988	1.816
Roubo de veículo	61	0	66	75	0	217	249	209
Lesão corporal seguida de morte	3	0	1	2	4	5	3	6
Roubo seguido de morte (latrocínio)	0	0	5	6	4	3	4	5
Estupro	75	0	45	24	0	71	96	70
Homicídio doloso	98	0	162	275	290	286	263	253
Demais crimes	0	0	0	0	0	0	0	42.427
Total sem demais crimes	814	0	1.854	1.373	298	2.453	2.603	2.359
		-100,0%		-25,9%	-78,3%	723,2%	6,1%	-9,4%
Número de municípios	2	0	2	31	29	36	34	36
Demais municípios de Minas Gerais								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Todos os crimes reportados	13.423	11.367	19.150	21.276	3.791	39.683	45.996	685.950
		-15,3%	68,5%	11,1%	-82,2%	946,8%	15,9%	1391,3%
Furto de veículo	7.648	5.839	11.702	12.698	0	23.092	26.687	23.542
Roubo de veículo	2.919	3.103	4.107	3.771	0	11.411	13.901	12.745

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Lesão corporal seguida de morte	21	13	30	59	60	49	52	60
Roubo seguido de morte (latrocínio)	33	35	59	78	63	97	86	92
Estupro	1.215	766	1.044	850	0	1.277	1.474	1.415
Homicídio doloso	1.587	1.611	2.208	3.820	3.668	3.757	3.796	3.539
Demais crimes	0	0	0	0	0	0	0	644.557
Total sem demais crimes	13.423	11.367	19.150	21.276	3.791	39.683	45.996	41.393
		-15,3%	68,5%	11,1%	-82,2%	946,8%	15,9%	-10,0%
Número de municípios	21	9	30	668	475	745	767	817

Fonte: elaborada pelos autores com base nos dados de ocorrências criminais (SinespJC).

Tabela 5 — Número de boletins de ocorrência registrados por tipo de crime, Espírito Santo

Municípios atingidos

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Todos os crimes reportados	877	1.100	959	1.447	2.548	2.278	2.354	22.061
		25,4%	-12,8%	50,9%	76,1%	-10,6%	3,3%	837,2%
Furto de veículo	196	297	258	528	1.047	765	839	1.173
Roubo de veículo	56	104	89	172	836	736	939	2.038
Lesão corporal seguida de morte	0	2	11	5	2	4	7	6
Roubo seguido de morte (latrocínio)	2	3	2	4	1	10	19	14
Estupro	87	109	83	117	76	198	74	139
Homicídio doloso	536	585	516	621	586	565	476	593
Demais crimes	0	0	0	0	0	0	0	18.098
Total sem demais crimes	877	1.100	959	1.447	2.548	2.278	2.354	3.963
		25,4%	-12,8%	50,9%	76,1%	-10,6%	3,3%	68,4%
Número de municípios	4	4	4	9	9	9	9	9

Demais municípios do Espírito Santo

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Todos os crimes reportados	5.520	8.706	5.467	2.751	6.345	6.455	6.008	63.417
		57,7%	-37,2%	-49,7%	130,6%	1,7%	-6,9%	955,5%
Furto de veículo	2.450	4.139	2.075	1.041	2.532	2.885	2.222	3.583
Roubo de veículo	1.851	3.261	2.183	360	2.500	2.339	2.385	4.056
Lesão corporal seguida de morte	4	3	3	13	23	12	6	16
Roubo seguido de morte (latrocínio)	7	13	3	29	49	29	30	37
Estupro	436	488	500	365	298	364	660	452
Homicídio doloso	772	802	703	943	943	826	705	816
Demais crimes	0	0	0	0	0	0	0	54.457
Total sem demais crimes	5.520	8.706	5.467	2.751	6.345	6.455	6.008	8.960
		57,7%	-37,2%	-49,7%	130,6%	1,7%	-6,9%	49,1%
Número de municípios	5	5	5	69	69	69	69	69

Fonte: elaborada pelos autores (2019). Com base nos dados de ocorrências criminais (SinespJC).

De modo geral, pode-se considerar que as séries do Espírito Santo para cada um dos seis tipos de crimes são mais consistentes ao longo do tempo que as de Minas Gerais, onde há um problema claro de falta de dados no ano de 2014 para crimes que não envolvem óbitos. No entanto, roubo e furto de veículos demonstram forte flutuação entre 2012 e 2014 nos municípios do Espírito Santo que, embora não completamente inverossímil, indica provável existência de uma causa sistemática subjacente.

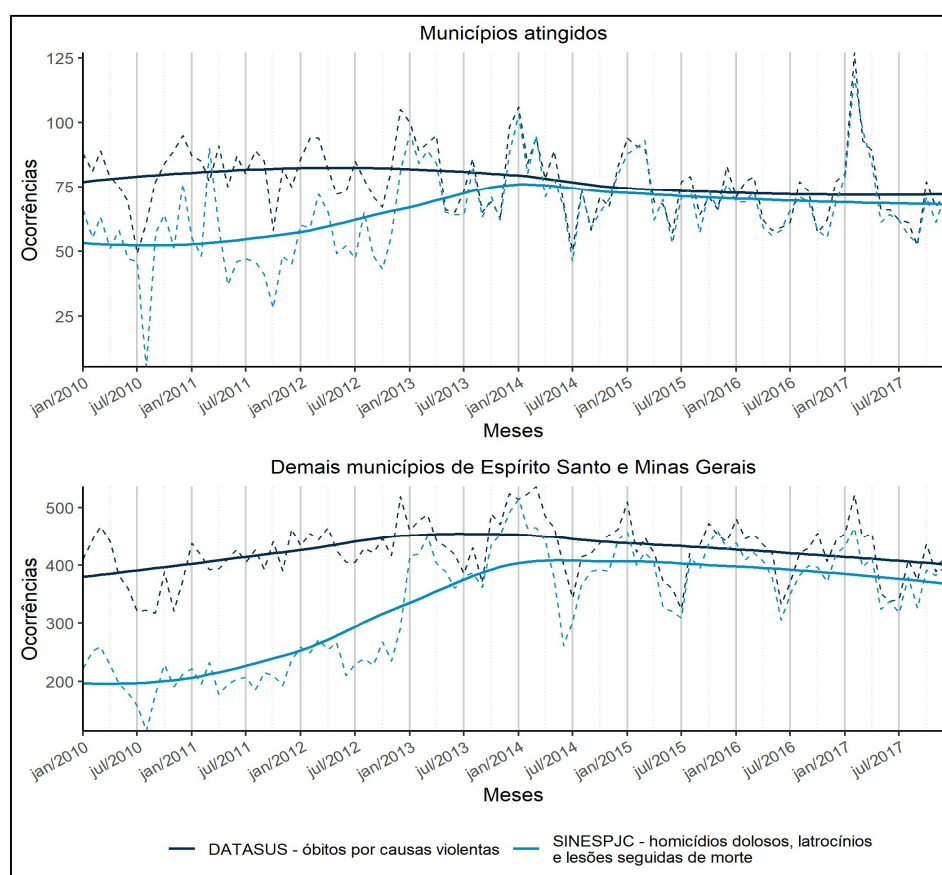
Em geral, tem-se que as únicas séries relativamente consistentes nos dois estados são as que se referem a crimes envolvendo vítimas fatais. De fato, o Gráfico 1 mostra que, comparada à soma de óbitos por causas relacionadas a agressões calculada no SIM (DATASUS), o total mensal de ocorrências de homicídios dolosos, lesões seguidas de morte e latrocínios apresenta comportamento bastante similar ao longo dos anos, especialmente entre os municípios atingidos. Nestes, a partir de 2013 — quando o número de boletins de ocorrência ascende ao patamar do total de óbitos por agressão observado no SIM — as séries caminham praticamente sobrepostas.

Portanto, há credibilidade no argumento de que os dados obtidos do DATASUS proveem boa aproximação para o número de homicídios ocorridos nos municípios

analisados. Como consequência, não são descabidas interpretações de estatísticas e resultados que vão além do que os dados efetivamente são — uma contagem de óbitos — e procuram tirar conclusões sobre a ocorrência de crimes com vítimas fatais e, por meio desse canal, fazer considerações sobre a incidência de criminalidade em geral.

Ademais, devido ao fato de que no SIM é possível observar características pessoais dos falecidos e aspectos referentes aos próprios óbitos, como o local de ocorrência, o estudo de criminalidade violenta se torna ao mesmo tempo mais abrangente e mais detalhado com os dados de óbitos por agressões do que com os que propriamente podem ser identificados com tais crimes. Consequentemente, optou-se por utilizar como indicadores de impacto apenas taxas de óbitos por causas relacionadas a agressões calculadas a partir dos dados do SIM (DATASUS).

Gráfico 1 — Comparação entre taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência e o número de boletins de ocorrência de homicídios registrados



Fonte: elaborado pelos autores (2019). Com base nos dados do SIM (DATASUS) de ocorrências criminais (SinespJC).

Nota: as linhas tracejadas correspondem aos dados mensais de boletins de ocorrência e de óbitos. Por sua vez, as linhas sólidas em destaque correspondem a uma suavização das séries originais através de regressões polinomiais locais.

2.3.2 Dados referentes à caracterização dos municípios estudados

Censo Demográfico — IBGE

O Censo Demográfico, realizado pelo IBGE, é a principal fonte de referência sobre dados de condições de vida da população de todos os municípios do Brasil e de seus recortes territoriais. Ele consiste em um questionário básico, com o intuito de coletar informações sobre características do domicílio e dos moradores, e um questionário da amostra, que além dos quesitos do questionário básico também coleta informações sobre temas específicos, como educação e deslocamento, trabalho e rendimento, trabalho infantil, entre outros. A pesquisa tem periodicidade decenal e abrangência geográfica nacional com representatividade de diversos recortes regionais, inclusive municípios.

Para fins de estimar o escore de propensão utilizado em algumas das análises, foram utilizados os dados mais recentes, do questionário da amostra do Censo Demográfico de 2010, sobre população, idade, sexo, raça/cor, escolaridade, situação de ocupação, emprego, renda e zonas de residência.¹⁸

Projeções da população — IBGE

As Projeções da população de municípios são calculadas pelo IBGE pelo método das componentes demográficas utilizando dados dos censos demográficos, das pesquisas domiciliares por amostragem e dos registros administrativos de nascimentos e óbitos. Os dados municipais são estimados em períodos intercensitários por meio de métodos matemáticos aplicados a modelos demográficos. Neste trabalho, foram usadas as projeções municipais para os anos de 2009 a 2017¹⁹ para a construção dos indicadores de impacto, conforme detalhado na subseção anterior.²⁰

¹⁸ IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9678&t=downloads>. Acesso em: 2 maio 2019.

¹⁹ Excetuando-se 2010, cuja “estimativa populacional” é, na verdade, a verdadeira contagem de pessoas.

²⁰ IBGE. **Projeções da População**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 30 maio 2019.

Indicador de desigualdade — Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento — PNUD)

Do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD), foi extraído o índice de Gini, um conhecido e consolidado indicador de desigualdade de renda.²¹ Cabe ressaltar que esse indicador é calculado²² pelo PNUD com base nos dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE).

MUNIC — IBGE

A Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) é um levantamento de informações sobre a estrutura, a dinâmica e o funcionamento das instituições públicas municipais que proporcionam um conjunto relevante de indicadores de avaliação e monitoramento dos quadros institucional e administrativo dos municípios. Para este documento, foram extraídas dessa base de dados informações sobre a existência de guardas municipais em 2012.²³

Bases Cartográficas Contínuas (BCIM) — IBGE

As Bases Cartográficas Contínuas do Brasil ao Milionésimo (BCIM) são conjuntos de dados geoespaciais de referência que permitem uma visão integrada do território nacional na escala de 1:1.000.000. Suas principais aplicações e produtos são o planejamento e a gestão de programas de governo com enfoque territorial, as análises que demandam uma visão de conjunto (país, região e estados), a elaboração de mapas em escalas menores (mapas do Brasil, regionais, estaduais e Atlas) e as representações de aspectos temáticos do território (estatística, recursos naturais e pesquisa ambiental). Neste trabalho, as bases cartográficas são usadas para produzir representações visuais dos municípios analisados em diferentes contextos.²⁴

²¹ ATLAS. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Disponível em: <www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

²² ATLAS. **Metodologia**. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

²³ IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=downloads>. Acesso em: 4 jun. 2019.

²⁴ IBGE. **Base Cartográfica Contínua do Brasil**. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao2010/bcim_v3.04_dados/shapefile/>. Acesso em: 5 jun. 2019.

3 METODOLOGIA

3.1 Métodos econométricos de avaliação de impactos

Para avaliar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão na área de segurança pública, serão utilizados métodos econométricos de avaliação de impactos. Essa abordagem tem como objetivo identificar relações de causa e efeito entre o objeto de análise, isto é, o rompimento da Barragem de Fundão, e possíveis alterações observadas nos indicadores quantitativos de interesse em um momento pós-rompimento. Estes indicadores referem-se a representações de aspectos específicos mensuráveis de um constructo e geralmente se baseiam em processos estatísticos e/ou de contagem, provendo assim uma métrica objetiva passível de ser explorada por análises quantitativas.

Idealmente, a identificação dessas relações causais se daria a partir da comparação dos indicadores selecionados em dois cenários possíveis, sendo eles:

- I o cenário real, no qual houve o rompimento e que corresponde ao que se observa na realidade; e
- II o cenário contrafactual, que corresponde ao que teria sido observado caso o rompimento não tivesse ocorrido.

Formalmente, o impacto do rompimento sobre uma característica mensurável y (indicador de impacto) de um indivíduo ou localidade i seria:

$$impacto_i = y_i|(d_i = 1) - y_i|(d_i = 0)$$

em que d_i é uma variável binária que assume valor 1 no cenário em que i é exposto ao rompimento (cenário real) e valor 0 caso contrário (cenário contrafactual). O impacto médio sobre a população analisada é dado por:

$$impacto\ médio = \mathbb{E}[y_i|d_i = 1] - \mathbb{E}[y_i|d_i = 0]$$

onde \mathbb{E} é o operador de valor esperado.

No entanto, o cenário real e o contrafactual são mutuamente excludentes, sendo que o cenário contrafactual não pode ser observado. Apesar disso, há diversas hipóteses sob as quais se torna viável obter na realidade uma representação aproximada à situação

contrafactual dos atingidos. Entre os métodos econométricos de avaliação de impactos, podem ser utilizadas abordagens distintas que variam no que diz respeito a quais serão as hipóteses adotadas e como serão feitas as comparações entre os diferentes cenários. Na prática, esses métodos baseiam-se na comparação entre dois grupos, sendo a definição para o presente caso:

- I grupo atingido:²⁵ corresponde ao grupo de indivíduos ou localidades que foram atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão; e
- II grupo de comparação:²⁶ corresponde a um grupo de indivíduos ou localidades que não foram atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão, mas que se assemelham àqueles que foram atingidos e, supõe-se, provêm uma representação aproximada do que teria acontecido com os atingidos caso não tivesse ocorrido o rompimento (situação contrafactual).

Satisfeitas as hipóteses do método econométrico escolhido, a comparação entre os dois grupos permite verificar a existência e estimar a magnitude do impacto socioeconômico gerado pelo rompimento sobre a população analisada. Ressalta-se que a escolha metodológica necessita ser pautada por profunda reflexão sobre as características da dimensão à qual se refere o indicador de impacto em questão e do nível de agregação dos dados. Só é razoável atribuir interpretação causal à relação estimada entre o rompimento e os indicadores de impacto se as chamadas hipóteses de identificação do método selecionado forem plausíveis, conforme será discutido a seguir.

Na presente avaliação de impactos, são utilizados dois métodos: (i) diferença-em-diferenças; e (ii) combinação dos métodos de diferença-em-diferenças e de pareamento via escore de propensão. Nas subseções a seguir, os dois métodos são apresentados juntamente com discussões sobre suas respectivas hipóteses de identificação e possíveis vantagens e desvantagens.

²⁵ O grupo que sofre a intervenção em análise é tipicamente chamado de “grupo de tratamento” na literatura de avaliação econométrica de impactos. Na presente avaliação, esse grupo será identificado como “grupo atingido”.

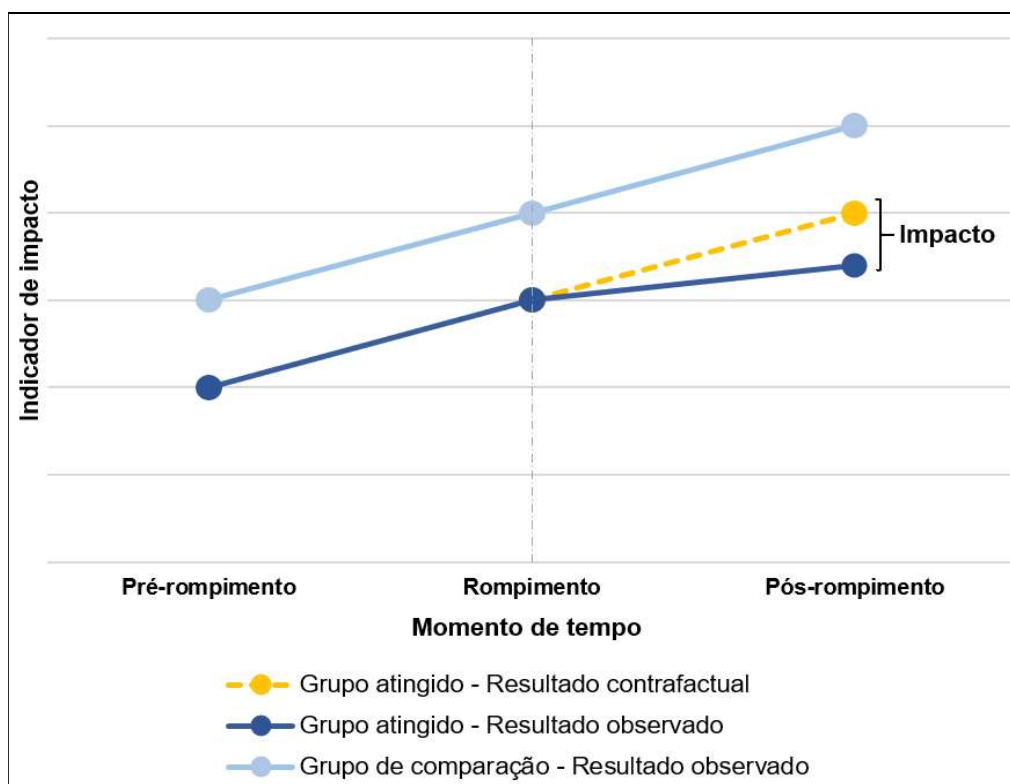
²⁶ Na literatura de avaliação econométrica de impactos, esse grupo é também tipicamente chamado de “grupo de controle”.

3.1.1 Método de diferença-em-diferenças

3.1.1.1 Breve apresentação do método de diferença-em-diferenças

A estimação de impacto através do método de diferença-em-diferenças é feita a partir da comparação dos indicadores de impacto entre os grupos atingido e de comparação em dois momentos do tempo: antes e depois do rompimento, conforme ilustrado na Figura 5.²⁷ Nela, observam-se as evoluções do indicador de impacto de interesse para os grupos atingidos e de comparação (pontos conectados por linhas em tons de azul). Ilustra-se também qual teria sido a evolução do grupo atingido caso o rompimento não tivesse ocorrido, que corresponde à situação contrafactual que não é observada na prática (linha tracejada e ponto em amarelo). Assim, o impacto é calculado pela diferença das diferenças ao longo do tempo entre os grupos, conforme indicado no lado direito da figura.

Figura 5 — Ilustração do método de diferença-em-diferenças



Fonte: elaborada pelos autores (2019).

²⁷ Os valores e trajetórias de evolução representados na Figura 5 são hipotéticos, apresentados para fins de ilustração do método apenas.

Nota-se que esse método requer que haja disponibilidade de dados para ambos os grupos (atingido e de comparação) em pelo menos dois momentos de tempo, sendo um deles pré e outro pós-rompimento. Uma das principais vantagens desse método é que, ao se calcular a primeira diferença para eliminar a variação ocorrida em cada grupo ao longo do tempo, eliminam-se os efeitos de características invariantes no tempo, sejam elas observáveis ou não observáveis, o que é relevante para que não haja viés na magnitude estimada do impacto.

Se as hipóteses de identificação do método (discutidas a seguir) forem satisfeitas, o impacto médio estimado sobre o grupo atingido²⁸ pode ser interpretado como sendo consequência do rompimento. Especificamente, a estimação dos impactos se dá em dois passos:

- I computa-se a variação média ao longo do tempo do indicador de impacto para o grupo atingido e para o grupo de comparação (“primeiras diferenças”):

$$\Delta y^{atingido} = E[y_i | d_i = 1, t = 1] - E[y_i | d_i = 1, t = 0]$$

$$\Delta y^{comparação} = E[y_i | d_i = 0, t = 1] - E[y_i | d_i = 0, t = 0]$$

- II subtrai-se a variação média do grupo de comparação da variação média do grupo atingido (“diferença das diferenças”):

$$impacto\ médio = \Delta y^{atingido} - \Delta y^{comparação}$$

As hipóteses de identificação do método são um conjunto de suposições que, se satisfeito, garante que o estimador de diferença-em-diferenças recupera os impactos gerados exclusivamente pelo rompimento e não por outros eventuais fatores concomitantes. A primeira dessas hipóteses trata das chamadas “tendências paralelas”, e pressupõe que, na ausência do rompimento, os indicadores de impacto dos grupos atingido e de comparação apresentariam evoluções semelhantes ao longo do tempo. Assim, caso essa hipótese seja satisfeita, a variação no indicador de impacto observada ao longo do tempo para o grupo de comparação representa a variação que seria observada para o grupo atingido caso o rompimento não tivesse acontecido. Essa é

²⁸ Utilizando a terminologia da literatura de avaliação econométrica de impactos, o método de diferença-em-diferenças recupera o chamado “efeito médio do tratamento sobre os tratados” (em inglês, *average treatment effect on the treated* (ATT)). No caso aqui abordado, não se trata de um “tratamento” em si, mas sim do rompimento da Barragem de Fundão. Da mesma forma, nesse caso não se trata de “grupo de tratamento” ou “grupo tratado”, mas sim de grupo atingido.

uma hipótese fundamental ao método e, embora não possa ser testada na prática, é possível obter evidências acerca de sua credibilidade com dados históricos de diversos períodos anteriores ao rompimento, como será mostrado na subseção 4.2. É importante enfatizar que os dois grupos não precisam apresentar magnitudes similares do indicador de impacto antes do rompimento; basta que este evolua de maneira semelhante para os dois grupos na ausência do rompimento, conforme ilustrado na Figura 5.

Outra hipótese fundamental do método é a de que nenhum dos grupos pode ter sido afetado de maneira particular e distinta do outro por um fator concomitante ao rompimento, implicando que a escolha do grupo de comparação é fundamental para que os impactos estimados de fato sejam atribuíveis ao rompimento. A subseção 3.2.2, na qual se apresentam os grupos de comparação usados na análise, apresenta considerações a esse respeito.

Outra hipótese do método refere-se à composição dos grupos: é necessário que a composição dos grupos ao longo do tempo (antes e depois do rompimento) não se altere de forma significativa, já que isso poderia levar o estimador a atribuir ao rompimento um efeito que, na verdade, deriva de uma mudança de outra natureza. Nesta avaliação, considerando que a análise é feita com base em informações agregadas no nível de municípios, não há, em rigor, alterações na composição do grupo atingido e de comparação ao longo do tempo (isto é, observam-se as informações de todos os municípios em todos os anos considerados). No entanto, ressalta-se que pode ter havido alterações na composição sociodemográfica dos municípios em si, fruto de movimentos migratórios, por exemplo. Não faz parte do escopo da presente avaliação a dissociação dos efeitos do rompimento sobre segurança pública de efeitos colaterais advindos de eventuais migrações provocadas por ele.²⁹ Assim, as estimativas aqui obtidas se referem ao resultado conjunto desses efeitos simultâneos.

3.1.1.2 Detalhamento da aplicação do método para a presente avaliação

Nesta avaliação, o método de diferença-em-diferenças é utilizado para estimar o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando cada ano pós-rompimento especificamente, no qual se comparam as médias do ano imediatamente anterior ao rompimento com as de cada ano posterior entre os grupos atingido e de comparação.

²⁹ A FGV pretende investigar os impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre migração nos municípios atingidos em estudos futuros.

Dessa forma, avalia-se a existência de heterogeneidades no impacto ao longo do tempo, de forma a verificar se e como o impacto estimado difere a cada ano.

O estimador de diferença-em-diferenças pode ser obtido a partir da estimação do seguinte modelo de regressão:

Equação 1 — Diferença-em-diferenças

$$Y_{mt} = \alpha + \sum_{\substack{\tau=-7, \\ \tau \neq -1}}^1 \beta_{\tau} \cdot D_{m\tau} + \gamma_m + \rho_t + e_{mt}$$

onde m indexa os municípios; t indica o ano; Y_{mt} corresponde ao indicador de impacto do município m no ano t ; γ_m é o efeito fixo de município; ρ_t é o efeito fixo de ano e e_{mt} corresponde ao termo de erro. O indexador τ refere-se também ao tempo, indicando que existe um parâmetro β_{τ} para cada ano em relação ao do rompimento exceto o imediatamente anterior, motivo pelo qual o somatório que τ indexa exige $\tau \neq -1$. Há, portanto, oito parâmetros: β_{-7} , β_{-6} , β_{-5} , β_{-4} , β_{-3} , β_{-2} , β_0 e β_1 . Os parâmetros de interesse são β_0 e β_1 , que dizem respeito ao primeiro e ao segundo anos pós-rompimento, respectivamente. A estes oito parâmetros estão associadas variáveis binárias, expressas por $D_{m\tau}$ no somatório, que assumem valor 1 quando a observação se refere a um município m do grupo atingido no momento de tempo τ e 0 caso contrário. Portanto, a cada instante de tempo t , apenas uma das oito variáveis $D_{m\tau}$ terá valor 1, justamente aquela tal que $t = \tau$.

Os parâmetros de interesse recuperam então o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido no momento de tempo τ em relação ao ocorrido. Dessa forma, quando τ diz respeito a um ano pós-rompimento, β_{τ} corresponde ao impacto naquele ano específico, sempre tomando como referência o ano imediatamente anterior ao rompimento ($\tau = -1$). Já para os casos em que τ refere-se a um ano pré-rompimento, os parâmetros β_{τ} podem ser utilizados para verificar a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas, uma vez que medem a diferença média entre grupos da diferença entre o ano τ e o ano imediatamente anterior ao rompimento ($\tau = -1$).

Nas estimações, assegurou-se que os erros-padrão fossem calculados de forma a acomodar autocorrelação municipal.³⁰ Ou seja, a capacidade de avaliar a precisão e

³⁰ Em outras palavras, os erros padrões são robustos a heteroscedasticidade intra-cluster, sendo municípios os clusters da análise.

significância estatística dos estimadores de impacto é preservada mesmo que o resultado de cada município no indicador de interesse seja correlacionado ao longo do tempo. Isso é importante porque os erros-padrão determinam o tamanho dos intervalos de confiança das estimativas. Intuitivamente, esses intervalos oferecem uma medida das incertezas que cercam a estimação, desde problemas na produção dos dados utilizados até a existência de eventos não relacionados ao desastre que podem também influenciar os indicadores de interesse.

O intervalo de confiança busca quantificar tais incertezas por abranger os valores que, se fosse possível estimar os modelos a partir de novos conjuntos de dados dos mesmos municípios, poderiam ser o da magnitude média verdadeira da associação entre o rompimento da barragem e o indicador de impacto em 95% dessas estimações. Por “novos conjuntos de dados” entende-se que se as ações das pessoas forem compreendidas não como determinísticas, mas como sujeitas a algum grau de aleatoriedade relacionado a fatores sem ligação ao rompimento, então os dados poderiam divergir dos existentes se as pessoas tivessem reagido de maneira diferente da que efetivamente agiram. Sob essa premissa, se o modelo fosse estimado 1.000 vezes considerando 1.000 reações diferentes das pessoas em municípios atingidos pelo rompimento da barragem, aproximadamente 950 dos intervalos de confiança calculados conteriam a verdadeira magnitude da associação entre o rompimento e o indicador de impacto analisado. Evidentemente, este é um exercício hipotético, mas nos permite fazer a observação de que se os intervalos de confiança apresentados na subseção 4.3 não contiverem a magnitude verdadeira, então se estaria trabalhando com uma configuração de reações ao rompimento que poderia ocorrer com 5% de chance.

Por meio dos intervalos de confiança, é possível avaliar quão precisas são as estimativas obtidas. Um intervalo pequeno significa que, se a magnitude verdadeira estiver dentro do intervalo, então ela estará relativamente próxima ao valor da estimativa. Em contraposição, um intervalo demasiadamente amplo permite que, mesmo se estiver nele, a magnitude verdadeira possa ser bastante diferente da estimativa, tornando esta última pouco informativa.

3.1.2 Combinação de métodos de diferença-em-diferenças e de pareamento

Além do método de diferença-em-diferenças, nesta avaliação utiliza-se sua combinação com o de pareamento via escore de propensão. Entretanto, antes de apresentar os

detalhes da combinação dos dois métodos, cabe comentar brevemente o método de pareamento.

3.1.2.1 Breve apresentação do método de pareamento

No contexto geral de avaliações econométricas de impactos, a metodologia de pareamento³¹ procura identificar entre as unidades (indivíduos, municípios etc.) não afetadas por determinada intervenção estudada aquelas que mais se assemelham às afetadas (grupo tipicamente chamado de “grupo de tratamento”). O método, em essência, consiste na seleção de um conjunto de características observáveis consideradas informativas a partir do qual, para cada unidade do grupo afetado pela intervenção, constrói-se um grupo de comparação com unidades não afetadas utilizando uma métrica de semelhança baseada nessas características. A intuição é que, ao comparar os grupos, as diferenças observadas entre eles podem ser atribuídas à intervenção, uma vez que outras características relevantes são balanceadas pelo pareamento.

Uma métrica tipicamente utilizada para se avaliar o quão semelhantes as unidades são umas às outras é a do *escore de propensão*, que resume em uma única variável as informações contidas em um conjunto de variáveis de características consideradas relevantes. O *escore de propensão*, representado por $ep(x)$, corresponde à probabilidade de uma unidade com características x ser afetada pela intervenção, tal que:

$$ep(x) \equiv \Pr(d_i = 1 | X_i = x)$$

Uma das hipóteses desse método é que, condicional ao *escore de propensão*, os resultados potenciais do indicador de impacto (os cenários real e contrafactual apresentados na seção 3.1) são independentes do status de tratamento, tal que $(y_i | (d_i = 1), y_i | (d_i = 0)) \perp d_i | ep(X_i)$. Outra hipótese do método é a de *suporte comum*, que determina que não pode haver um conjunto específico de características observáveis tais que seja possível determinar com certeza se uma determinada unidade é afetada ou não, o que garante a comparabilidade entre os grupos.

³¹ Rosenbaum e Rubin (1983) apresentam e discutem o método em detalhes.

Uma vez que a função que define o escore de propensão não é observada, é necessário propor uma forma funcional e estimá-la, sendo frequente na literatura o uso da distribuição gaussiana e da logística.³² A seleção das variáveis incluídas no modelo para a estimação do escore de propensão deve ser feita de forma criteriosa e embasada pela teoria econômica, incluindo características que sejam relevantes para a determinação do *status* de tratamento e que não tenham sido afetadas de nenhuma forma pela intervenção em análise.

Tendo estimado o escore de propensão, é necessária a utilização de um critério para parear as unidades afetadas pela intervenção analisada às unidades não afetadas por ela. Entre as alternativas para critérios de pareamento, uma comumente adotada é a de “vizinho mais próximo”, em que a unidade não afetada selecionada como par para uma determinada unidade afetada será aquela que tiver o escore de propensão estimado o mais próximo possível daquele da unidade afetada em questão. Outra alternativa de critério é o de pareamento baseado em Kernel, em que todas as unidades não afetadas podem ser incluídas no grupo de comparação, mas recebem pesos diferentes com base nas distâncias observadas entre os escores de propensão estimados delas e de cada unidade afetada. A escolha do critério de pareamento implica uma troca (*trade-off*) entre duas características desejáveis de estimadores: viés e precisão, sendo que se deseja reduzir o viés e aumentar a precisão.³³

3.1.2.2 Breve apresentação da combinação de métodos de diferença-em-diferenças e pareamento

A combinação dos métodos de diferença-em-diferenças e de pareamento, conforme introduzido em Heckman, Ichimura e Todd (1997), é bastante útil, pois acaba por flexibilizar algumas das hipóteses de ambos os métodos quando utilizados individualmente.

Assim como no modelo de diferença-em-diferenças, a combinação dos métodos também faz uso de uma hipótese de tendências paralelas segundo a qual o grupo atingido teria a evolução de seu indicador de impacto similar à observada para o grupo de comparação se não tivesse sido afetado pelo rompimento. Devido ao pareamento, entretanto, a hipótese é reformulada de modo que, condicional a um conjunto de

³² Greene (2012) detalha e discute o uso dessa metodologia.

³³ Caliendo e Kopeinig (2008) detalham o uso de métodos de pareamento e discutem as vantagens e desvantagens de diversos critérios para pareamento.

características observáveis x , a evolução da parte não observada do resultado potencial do contrafactual independe do status de atingido.³⁴

Ainda, assim como no caso de pareamento, a combinação de métodos de diferença-em-diferenças e de pareamento também necessita de uma hipótese de suporte comum. A modificação, nesse caso, é que essa hipótese é tal que determina que todas as unidades do grupo atingido devem ter uma “contrapartida” no grupo de comparação tanto antes quanto após o rompimento (BLUNDELL; DIAS, 2009). Na estimação do impacto, são consideradas apenas as observações no suporte comum.

O estimador do impacto médio sobre o grupo atingido na combinação de métodos de diferença-em-diferenças com pareamento é dado por:

$$\widehat{\text{impacto médio}}_{\text{atingidos}} = \sum_{i | d_i=1} \left[(y_i - y_{i,-1}) - \sum_{j | d_j=0} W_{i,j} \cdot (y_j - y_{j,-1}) \right] \cdot w_i$$

em que i e j indexam indivíduos ou localidades; d_i é uma variável binária que indica se i pertence ao grupo atingido; $W_{i,j}$ é o peso determinado pelo critério de pareamento que associa a unidade de comparação j à unidade atingida i ; w_i é o peso atribuído à unidade i em relação às demais integrantes do grupo atingido, sendo $\sum_i w_i = 1$, e “-1” nos indexadores de y indica que aquela observação da unidade se refere ao período anterior ao rompimento.³⁵ Dessa maneira, são impostas restrições à comparação de observações de atingidos e não atingidos com o objetivo de tornar mais plausível a hipótese de que o atingido se comportaria de maneira semelhante aos não atingidos a ele comparados na ausência do rompimento.

Evidentemente, a combinação de métodos torna a estimação do modelo sensível ao critério de pareamento escolhido, isto é, à maneira pela qual as informações existentes na base de dados são utilizadas para determinar que observações são semelhantes o suficiente a ponto de terem como única distinção relevante o fato de que uma é atingida e outra não. Na fórmula acima, esse problema se refere à determinação dos pesos $W_{i,j}$ para cada par de unidades $i | (d_i = 1)$ e $j | (d_j = 0)$. Além disso, como discutido, é preciso

³⁴ Blundell e Dias (2009) detalham as hipóteses e o uso da combinação de métodos de diferença-em-diferenças e pareamento.

³⁵ A fórmula destacada pressupõe que os dados se encontram em estrutura de painel (isto é, cada unidade da amostra analisada é observada em vários intervalos de tempo), mas o estimador pode ser adaptado e acomodar dados transversais agrupados (SMITH; TODD, 2005, p. 318).

atentar ainda para a métrica de pareamento utilizada, sendo a do escore de propensão a adotada para este estudo.

A escolha dos pesos w_i também merece atenção, uma vez que seu efeito prático é determinar quais das unidades atingidas exercerão maior influência sobre o cálculo do efeito médio. Se w_i fosse igual para todas elas, então o parâmetro estimado seria obtido por meio de uma média simples. No contexto deste estudo, as características do indicador de impacto adotado sugerem que o uso de pesos distintos por municípios — as “unidades” nesta aplicação — é recomendável.

Especificamente, por ser uma proporção em relação à população municipal, a taxa de óbitos violentos por 100 mil habitantes pode sofrer grandes oscilações ao longo do tempo em municípios pequenos, sem magnitude correspondente na variação observada em absoluto. Por exemplo, uma morte em um município de 5 mil habitantes se traduz em 20 óbitos por 100 mil habitantes. Em um município de 50 mil habitantes, caso ocorra também uma morte, ela é convertida em dois óbitos por 100 mil habitantes. Esse tipo de flutuação “exagerada” do indicador de impacto não é desejável do ponto de vista de precisão do estimador de diferença-em-diferenças, pois torna mais difícil a identificação de um comportamento comum aos atingidos no momento pós-rompimento quando as taxas de óbito variam de maneira tão extrema.³⁶ Assim, ao fazer com que w_i reflita o tamanho da população dos municípios no recorte demográfico analisado, é dado maior peso a municípios relativamente maiores e menor peso àqueles que são relativamente menores. Dessa forma, o peso dado às observações que acarretam as variações mais bruscas do indicador de impacto (municípios menores em termos de tamanho da população) é reduzido, possibilitando uma estimação mais precisa dos parâmetros de interesse.

3.1.2.3 Detalhamento da aplicação do método para a presente avaliação

No presente estudo, optou-se por combinar o método de diferença-em-diferenças com pareamento por escore de propensão via critério de Kernel. A lista de variáveis utilizadas para a estimação do escore de propensão e suas respectivas descrições são apresentadas na Tabela 6, disponível no final desta subseção. Buscou-se selecionar variáveis que fossem relevantes para a determinação do status de atingido e para os

³⁶ Motivo similar justifica a opção por trabalhar com os dados de óbitos em frequência anual, já que o comportamento das séries em comparação mês a mês é volátil, sendo sensível demasiadamente a eventos atípicos e sazonalidades. Isso pode ser constatado visualmente no Gráfico 1.

indicadores de impacto da área de segurança pública que são analisados. Assim, foram usadas: (i) variáveis que caracterizassem aspectos sociodemográficos e socioeconômicos relevantes (ex.: tamanho da população do município, proporção da população residente em zonas rurais, escolaridade, ocupação, renda e desigualdade); e (ii) variáveis relacionadas à segurança pública no município e caracterização de outros aspectos específicos desta área, especificamente a existência de guarda municipal e a proporção da população com idade entre 15 e 29 anos (dado que a maior parte dos homicídios tem como vítimas jovens nessa faixa etária).

Ao utilizar o critério de pareamento de Kernel, utilizam-se médias ponderadas dos municípios do grupo de comparação para estimar o resultado não observado do grupo atingido (contrafactual). Dessa forma, em teoria, todos os municípios do grupo de comparação podem ser utilizados para estimar o contrafactual de cada município do grupo atingido, mas recebendo pesos diferentes a depender do grau de semelhança que apresentam em relação aos últimos (quanto mais parecidos forem, maior será o peso recebido)³⁷.

Conforme discutido em Caliendo e Kopeinig (2008), uma vantagem de usar o Kernel como critério de pareamento é que, em comparação a outros critérios alternativos (ex.: vizinho mais próximo), esse método utiliza uma quantidade maior de observações para estimar os contrafactuais, o que aumenta a precisão do estimador. Por outro lado, é possível que alguns dos municípios do grupo de comparação sejam relativamente menos parecidos com os do grupo atingido e, embora recebam pesos menores, continuam sendo usados nas estimações, o que pode aumentar o viés das mesmas. Nesse sentido, é fundamental impor uma restrição de suporte comum para as estimações.

Na prática, a imposição de restrição de suporte comum é operacionalizada a partir da exclusão da amostra de: (i) municípios do grupo de comparação cujo escore de propensão estimado é menor que o valor mínimo dos escores de propensão estimados para os municípios do grupo atingido; e (ii) municípios do grupo atingido cujo escore de propensão estimado é maior que o valor máximo dos escores de propensão estimados para os municípios do grupo de comparação.

Assim, como no caso do uso do método de diferença-em-diferenças, a estimação do efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido considerando a combinação de métodos foi feita considerando a especificação descrita na subseção 3.1.1.2, utilizando o modelo de regressão da Equação 1. Os erros padrões foram obtidos via *bootstrap*,

³⁷ O Kernel utilizado foi o gaussiano, com parâmetro de banda igual a 0,06.

em que se reamostrou com reposição municípios com fins de obter erros padrões robustos a autocorrelação municipal.³⁸ Especificamente, foram realizadas 500 replicações do procedimento de estimação completo no *bootstrap* — isto é, tanto da estimação do escore de propensão e pareamento como da estimação do diferença-em-diferenças.

Tabela 6 — Variáveis utilizadas para a estimação do escore de propensão

Variável	Descrição	Fonte
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	Variável binária que assume o valor 1 se o município é de Minas Gerais e o valor 0 caso seja do Espírito Santo	-
Tamanho da população (ln)	Logaritmo natural do tamanho da população (número total de habitantes) do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população composta por mulheres	Proporção de mulheres na população do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população composta por brancos	Proporção de pessoas de raça/cor branca na população do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população com idade entre 15 e 29 anos	Proporção de pessoas com idade de 15 a 29 anos na população do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população com ensino médio completo	Proporção de pessoas com ensino médio completo considerando a população do município com pelo menos 18 anos de idade em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população que residia em zonas rurais	Proporção de pessoas que residiam em zona rural na população do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população que estava ocupada	Proporção de pessoas que estavam ocupadas considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	Proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de agropecuária e pesca considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade e que estava ocupada em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção de ocupados em atividades de mineração	Proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de mineração considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade e que estava ocupada em 2010	Censo Demográfico (IBGE)

³⁸ Conforme discutido em Abadie e Imbens (2008), o uso de *bootstrap* produz estimativas válidas para os erros padrões de estimadores de pareamento somente quando este é feito via Kernel. Na combinação de diferença-em-diferenças com pareamento, o uso do *bootstrap* é conveniente por viabilizar inferência sem necessidade de se encontrar uma fórmula analítica para a variância dos estimadores. Para tanto, é crucial que o *bootstrap* seja válido nas duas etapas da combinação de métodos.

Variável	Descrição	Fonte
Proporção de ocupados em indústrias	Proporção de pessoas que trabalhavam em atividades de indústria considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade e que estava ocupada em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Proporção da população em empregos no setor formal	Proporção de pessoas que trabalhavam no setor formal considerando a população do município com pelo menos 10 anos de idade em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	Logaritmo natural da média da renda familiar <i>per capita</i> do município em 2010	Censo Demográfico (IBGE)
Índice de Gini	Índice de Gini para o município em 2010. O índice assume valores de 0 a 1 e mede a desigualdade de renda, calculando o quanto a distribuição de renda entre indivíduos numa economia desvia de uma distribuição perfeitamente igualitária. Quanto maior o valor do índice, maior é a desigualdade	Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (PNUD)
<i>Dummy</i> de existência de guarda municipal	Variável binária que assume o valor 1 se o município tinha guarda municipal em 2012 e assume o valor 0 caso contrário	MUNIC (IBGE)
Fonte: elaborada pelos autores (2019).		

3.2 Definição dos grupos

Nas subseções a seguir, são definidos o grupo atingido e os grupos de comparação utilizados para a avaliação dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão na área de segurança pública.

Na análise, são considerados e apresentados os resultados para cinco grupos de comparação distintos. Ao enfatizar as razões favoráveis e desfavoráveis ao uso de cada um desses grupos de comparação, aumenta-se a transparência e tornam-se explícitos os fatores que devem ser considerados na interpretação dos resultados, entre eles o de que as estimativas são sempre do efeito médio do rompimento sobre os atingidos em relação ao grupo de comparação utilizado.

3.2.1 Grupo atingido

O grupo atingido é composto por 45 municípios atingidos,³⁹ sendo eles:

³⁹ A lista de municípios atingidos considerada no presente documento é composta por 45 municípios, tendo sido formada a partir da lista de municípios que constam no TTAC (BRASIL, 2016), dos municípios onde se situam as áreas que constam na Deliberação nº 58 do Comitê Interfederativo (CIF, 2017) e Ponte Nova (devido ao distrito de Xopotó). Ressalta-se que essa

- I em Minas Gerais: Aimorés, Alpercata, Barra Longa, Belo Oriente, Bom Jesus do Galho, Bugre, Caratinga, Conselheiro Pena, Córrego Novo, Dionísio, Fernandes Tourinho, Galileia, Governador Valadares, Iapu, Ipaba, Ipatinga, Itueta, Mariana, Marliéria, Naque, Periquito, Pingo d'Água, Ponte Nova, Raul Soares, Resplendor, Rio Casca, Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado, Santana do Paraíso, São Domingos do Prata, São José do Goiabal, São Pedro dos Ferros, Sem-Peixe, Sobrália, Timóteo e Tumiritinga; e
- II no Espírito Santo: Aracruz, Baixo Guandu, Colatina, Conceição da Barra, Fundão, Linhares, Marilândia, Serra e São Mateus.

3.2.2 Grupos de comparação

Para que o método de avaliação econométrica de impactos seja capaz de estimar o efeito causal do rompimento, é preciso que seja utilizado um grupo de comparação apropriado, que represente o que teria acontecido com o grupo atingido caso o rompimento não tivesse ocorrido (situação contrafactual). Assim, a proposição de grupos de comparação adequados é um aspecto crucial para a plausibilidade dos resultados da avaliação de impactos.

Para compor um grupo de comparação, devem ser levadas em consideração as características dos municípios atingidos com o objetivo de selecionar municípios não atingidos semelhantes. Note que não é necessário que estes sejam similares em todas as dimensões possíveis, mas apenas naquelas consideradas importantes para a determinação da probabilidade de o município ser atingido por um rompimento de barragem de rejeitos de mineração e, ainda, naquelas que dizem respeito a áreas cuja dinâmica se alterou no contexto do desastre, como a capacidade de exercer atividades econômicas. Dessas características relevantes, algumas podem ser observadas a partir de dados disponíveis (ex.: perfil etário, escolaridade e renda da população), ao passo que outras não, sendo comumente denominadas características “não observáveis” (ex.: qualidade e eficiência da gestão dos serviços públicos, capacidade de resiliência, aspectos culturais).

Portanto, ao selecionar o conjunto de municípios que comporá o grupo de comparação, é importante levar em consideração aspectos geográficos, sociodemográficos, socioeconômicos e institucionais que podem ser observados, além de fazer

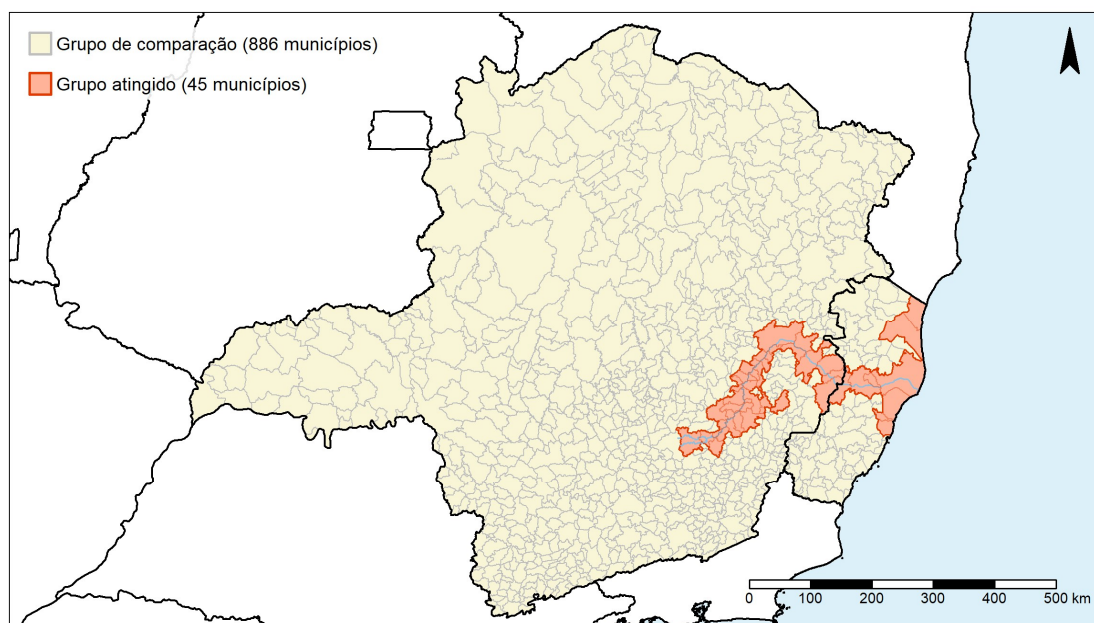
lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que essa lista de municípios atingidos não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

considerações sobre quão razoável seria a homogeneidade entre eles no que se refere a aspectos não observáveis. Cada grupo de comparação utilizado nas análises é composto por um subconjunto de municípios não atingidos, sendo que municípios listados neste estudo como “não atingidos” correspondem à totalidade dos municípios nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo deduzida daqueles considerados atingidos (vide lista disponível na subseção 3.2.1).⁴⁰ Na presente avaliação de impactos, são consideradas cinco alternativas de grupos de comparação, que diferem entre si em relação aos municípios que os compõem.

O grupo de comparação 1 é composto por todos os municípios dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo não incluídos no grupo atingido, sendo formado, portanto, por 886 municípios, conforme ilustrado na Figura 6. Como os municípios atingidos localizam-se nesses dois estados, a opção por impor que os municípios no grupo de comparação também estejam localizados neles justifica-se pela importância de assegurar homogeneidade em características não observáveis, das quais uma parte pode ser entendida como determinada em nível estadual, como aspectos culturais, institucionais e governamentais. Em outras palavras, espera-se que as características e o contexto no qual estão inseridos os demais municípios dos dois estados atingidos sejam mais parecidos com os dos atingidos que os municípios localizados em outras unidades da Federação apresentariam.

⁴⁰ Ressalta-se que essa lista de municípios atingidos foi utilizada para a produção do presente documento, não configurando uma lista final de municípios atingidos que serão utilizados nos demais estudos produzidos pela FGV. Ressalta-se ainda que a utilização das categorias de municípios “atingidos” e “não atingidos” não configura um posicionamento da FGV quanto à delimitação de áreas atingidas para qualquer finalidade.

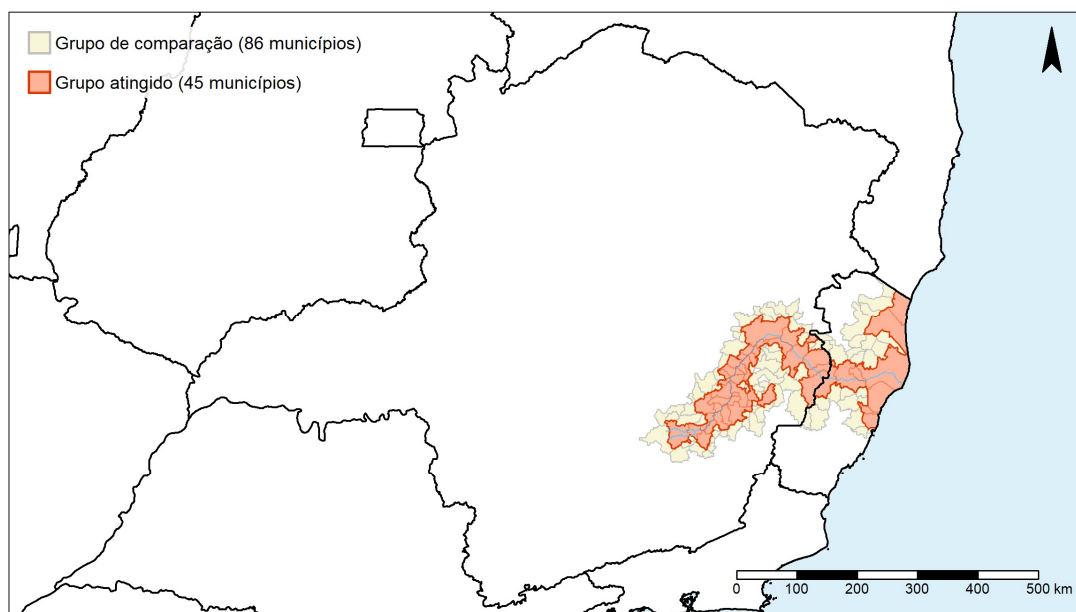
Figura 6 — Definição do grupo de comparação 1: demais municípios de Minas Gerais e Espírito Santo



Fonte: elaborada pelos autores (2019), utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

Por outro lado, considerar todos os demais municípios em Minas Gerais e no Espírito Santo no grupo de comparação pode configurar em uma abordagem demasiadamente abrangente, uma vez que mesmo dentro de cada um dos estados os municípios podem apresentar características muito diferentes entre si, relacionadas aos aspectos geográficos e econômicos das regiões onde se situam. Isso é bastante relevante para o caso de Minas Gerais, em que as regiões do estado possuem perfis bastante distintos. Dessa forma, motiva-se a proposição de um grupo de comparação baseado em um recorte geográfico mais restrito: o grupo de comparação 2, composto pelos municípios que são vizinhos contíguos dos municípios atingidos, sendo formado por 86 municípios no total, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 7 — Definição do grupo de comparação 2: municípios vizinhos contíguos dos atingidos



Fonte: elaborada pelos autores (2019), utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

A justificativa para a proposição desse grupo de comparação é que, justamente pela proximidade geográfica desses municípios aos municípios atingidos, espera-se que eles apresentem características tanto observáveis quanto não observáveis muito similares às do grupo atingido. Podem ser, então, uma boa representação da situação contrafactual para os municípios atingidos (isto é, do que se observaria para eles caso o rompimento da Barragem de Fundão não tivesse ocorrido).

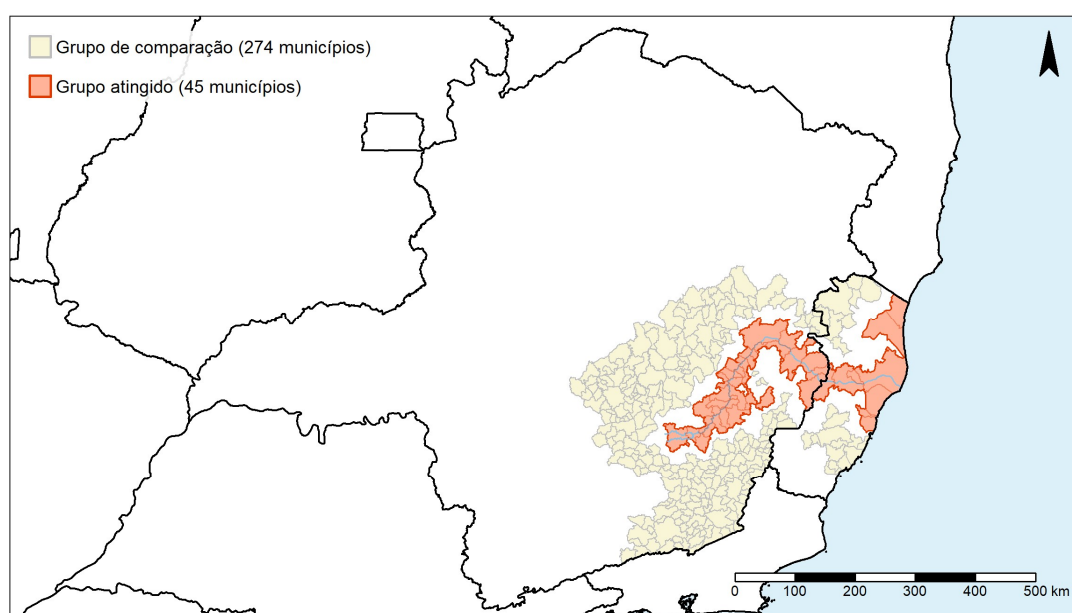
Por outro lado, a utilização desse grupo de comparação nas análises pode acarretar viés nas estimativas da avaliação de impactos se os efeitos do rompimento transcenderem as fronteiras políticas dos municípios atingidos. Assim, se houver “efeitos de transbordamento” (em inglês, *spillover effects*) dos impactos nos municípios vizinhos, utilizá-los como grupo de comparação pode levar a uma subestimação dos impactos do rompimento. Supondo que o rompimento da Barragem de Fundão de fato afetou a área de segurança pública, o método de diferença-em-diferenças poderá retornar uma estimativa de impacto ilusoriamente pequena ou mesmo nula se o grupo atingido e de comparação reagirem ao rompimento de forma semelhante, já que o estimador explora o contraste entre as evoluções dos indicadores de impacto dos dois grupos para identificar o efeito médio do rompimento sobre o grupo atingido.

Dessa forma, motiva-se a proposição de um grupo de comparação que apresente um recorte geográfico mais restrito que o grupo de comparação 1 e, ao mesmo tempo,

esteja menos sujeito a eventuais efeitos de transbordamento, caso existam. O grupo de comparação 3 é composto pelos municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, porém exclui os municípios vizinhos contíguos dos atingidos, conforme apresentado na Figura 8. É formado por 274 municípios no total.

A definição de mesorregião considerada é a apresentada em Brasil (1989),⁴¹ que agrupa municípios contíguos em uma dada unidade da Federação que apresentam semelhanças no que se refere a aspectos sociais e econômicos e que se complementam em termos de cadeias produtivas e distribuição de bens.⁴²

Figura 8 — Definição do grupo de comparação 3: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos dos atingidos



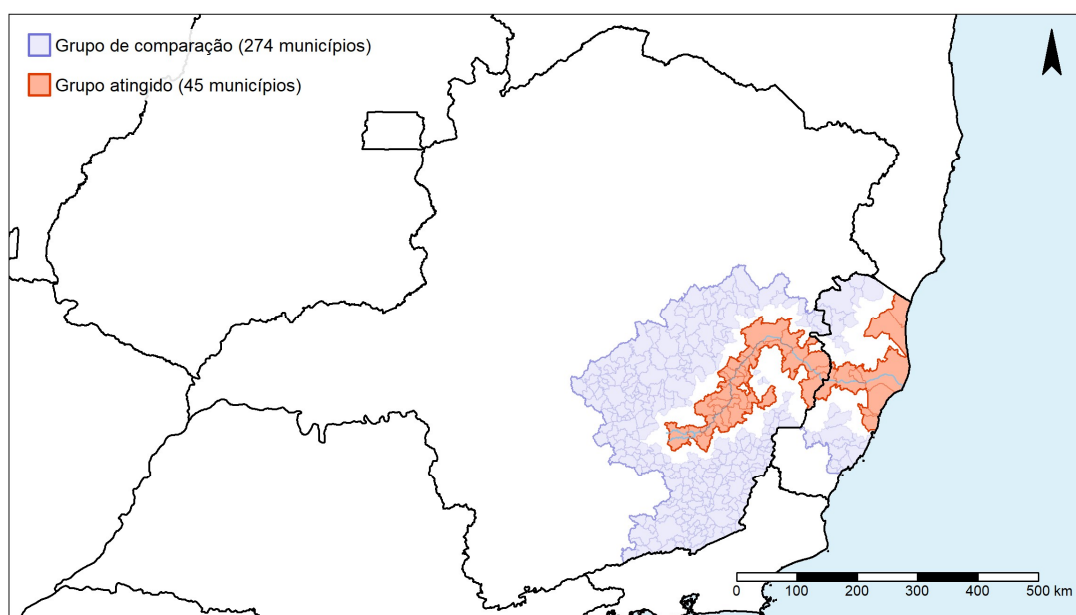
Fonte: elaborada pelos autores (2019), utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

⁴¹ “Entende-se por mesorregião uma área individualizada em uma unidade da Federação que apresenta formas de organização do espaço geográfico definidas pelas seguintes dimensões: o processo social como determinante, o quadro natural como condicionante e a rede de comunicação e de lugares como elemento da articulação espacial. Estas três dimensões possibilitam que o espaço delimitado como mesorregião tenha uma identidade regional. Esta identidade é uma realidade construída ao longo do tempo pela sociedade que aí se formou” (IBGE, 1989, p.8).

⁴² Optou-se por não utilizar as definições das regiões geográficas imediatas e intermediárias de 2017 (IBGE, 2017) pelo fato de estas se basearem em informações e características de momentos pós-rompimento da Barragem de Fundão, tal que não se pode descartar a hipótese de que impactos socioeconômicos do rompimento possam ter influenciado essa proposta de divisões regionais mais recente.

O grupo de comparação 4 é um refinamento do grupo de comparação 3. Nele, utiliza-se o método de pareamento por escore de propensão via critério de Kernel (detalhado na subseção 3.1.2.3) para atribuir peso maior aos municípios do grupo de comparação 3 que apresentam mais semelhanças com os municípios atingidos em características observáveis pré-rompimento. Configura, portanto, um novo grupo de comparação, ilustrado na Figura 9 em cor roxa, diferentemente da Figura 8, na qual estavam representados em amarelo. Essa mudança na cor é justamente para destacar que, em rigor, o conjunto de municípios nos grupos de comparação 3 e 4 é o mesmo, mas no caso do grupo de comparação 4 eles recebem pesos diferentes entre si justamente para formar um grupo que, em média, seja mais similar ao grupo atingido. Supõe-se, dessa maneira, obter uma melhor aproximação da situação contrafactual para ele.

Figura 9 — Definição do grupo de comparação 4: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, excluindo os municípios vizinhos contíguos dos atingidos pareados via Kernel

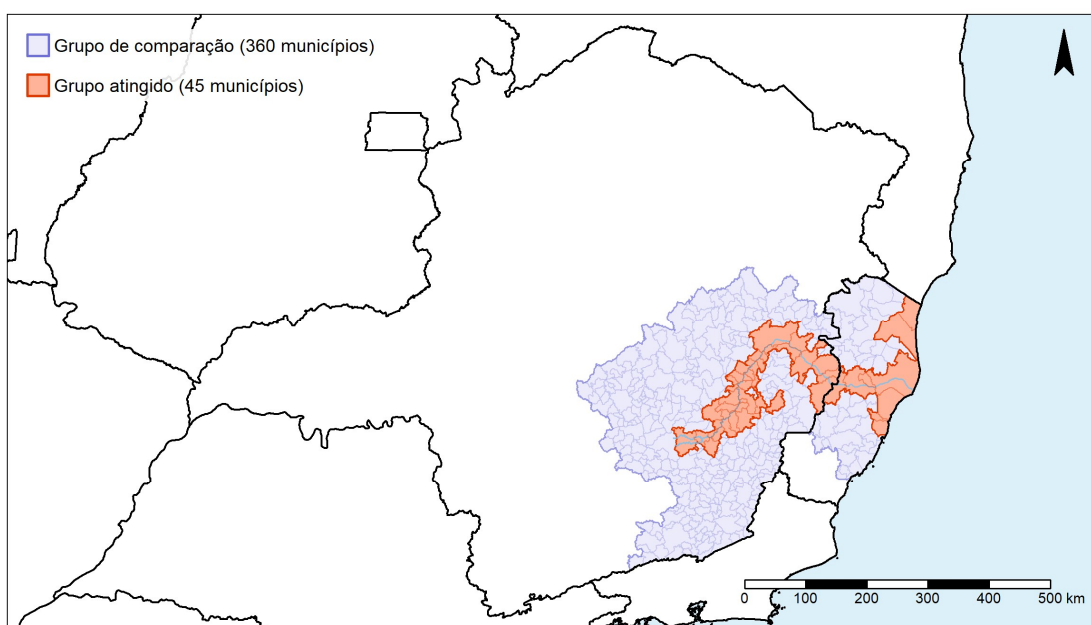


Fonte: elaborada pelos autores (2019), utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

O último grupo de comparação proposto é uma modificação do grupo de comparação 4. É também construído por meio do método de pareamento por escore de propensão via critério de Kernel com base nas mesmas variáveis do caso anterior, alterando-se apenas o conjunto de municípios que podem ser pareados. Especificamente, o grupo de comparação 5 é composto pelo pareamento de municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos, incluindo-se os

municípios que são vizinhos contíguos daqueles do grupo atingido. Esse grupo é apresentado na Figura 10 e é composto por 360 municípios. Novamente, a cor roxa é adotada para ilustrá-lo, indicando uso do método de pareamento (como no caso do grupo de comparação 4).

Figura 10 — Definição do grupo de comparação 5: municípios contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos pareados via Kernel



Fonte: elaborada pelos autores (2019), utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

A motivação para a proposição desse grupo de comparação é que:

- I o pareamento de municípios encontraria um conjunto de municípios que apresentam maior similaridade com os atingidos em características observáveis (o que pode ser testado, como será apresentado na seção 4.1); e
- II caso não haja efeitos de transbordamento dos impactos do rompimento para os municípios vizinhos contíguos dos atingidos, pode não ser ideal excluir os municípios vizinhos do grupo de comparação.⁴³

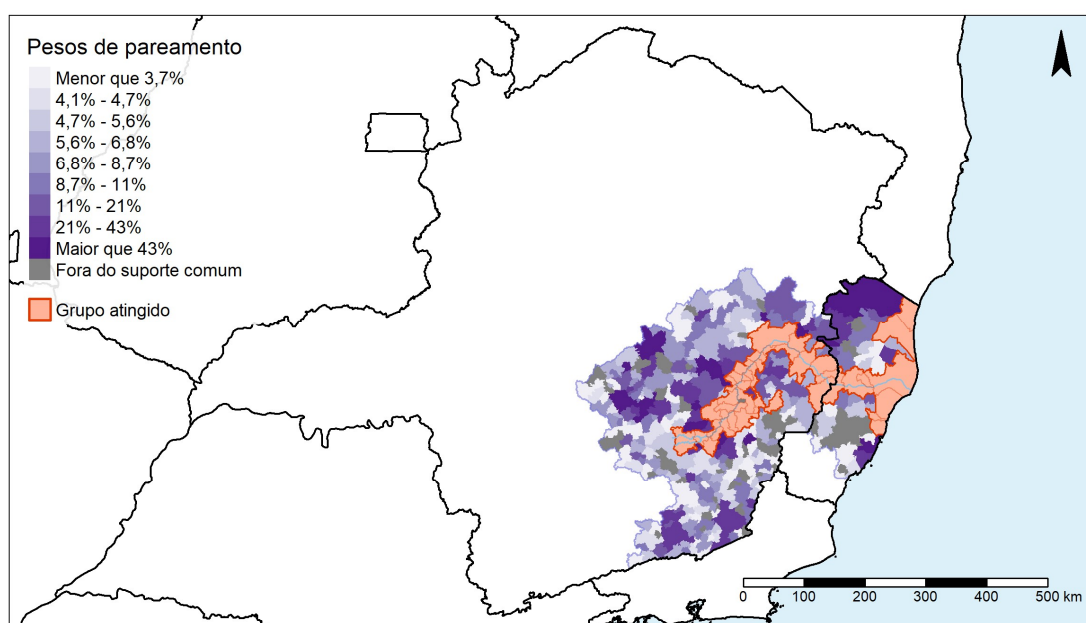
Por serem mais similares ao grupo atingido no que se refere a características observáveis pré-rompimento por conta do uso do método de pareamento, supõe-se que os grupos de comparação 4 e 5 são os mais adequados para estimação do impacto do

⁴³ É possível traçar considerações sobre a existência de efeitos de transbordamento a partir dos resultados das estimações feitas utilizando-se os grupos de comparação, conforme discutido ao longo do relatório.

rompimento da Barragem de Fundão sobre os indicadores de interesse, motivo pelo qual recebem maior foco durante a apresentação dos resultados na seção 4.3.

Uma ressalva importante a respeito do método de pareamento é que tanto municípios do grupo atingido quanto municípios do grupo de comparação podem ser classificados como estando fora do suporte comum.⁴⁴ Quando isso ocorre, esses municípios são desconsiderados da análise, de forma que a composição dos dois grupos pode sofrer alterações. A Figura 11 apresenta uma ilustração do processo de pareamento considerando a definição do grupo de comparação 5.⁴⁵ Nela, representa-se em diferentes tons de roxo os pesos de pareamento atribuídos a municípios da mesorregião contidos nas mesorregiões nas quais estão situados os municípios atingidos. Em cinza, estão indicados os municípios dos grupos atingido e de comparação que estão fora do suporte comum e, portanto, não são incluídos nas estimações.

Figura 11 — Ilustração do processo de pareamento para definição do grupo de comparação 5



Fonte: elaborada pelos autores (2019), utilizando as bases cartográficas do IBGE referentes a 2010.

Nota: os resultados do processo de pareamento são hipotéticos, apresentados para fins de ilustração do método apenas.

⁴⁴ O detalhamento do significado de “suporte comum” e como este é implementado neste relatório está disponível na subseção 3.1.2.3.

⁴⁵ Os resultados do processo de pareamento na ilustração apresentada na figura são hipotéticos, apresentados para fins de ilustração do método apenas.

4 RESULTADOS

4.1 Estatísticas descritivas e considerações sobre os grupos de comparação

Na Tabela 7 e na Tabela 8, observam-se os números de óbitos devido a causas relacionadas à violência em municípios atingidos e nos demais municípios dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, respectivamente. A Tabela 7 mostra que, considerando o total de casos, o número de óbitos violentos parece ter seguido uma tendência similar para os municípios atingidos e para os demais municípios do estado, especialmente a partir do terceiro ano pré-rompimento, quando as taxas de variação parecem oscilar entre positiva e negativa a cada ano. Em particular, no primeiro ano pós-rompimento, ambos os grupos de municípios observaram um aumento de magnitude similar no número de óbitos violentos, enquanto no segundo ano ambos observaram uma queda também de magnitude similar (os demais municípios (não atingidos) aparentam ter sofrido variações ligeiramente maiores).

As mesmas tendências podem ser observadas nas estatísticas considerando apenas os óbitos violentos de homens, tanto para o total quanto para a amostra restrita àqueles entre 15 e 29 anos. Ao observar as magnitudes de variação, é evidente a diferença entre o total de casos e os casos de homens, já que as variações para o segundo recorte são maiores do que as do primeiro para municípios atingidos e, em menor escala, também para os demais municípios. Da mesma forma, vê-se que essa diferença é ainda maior entre o total de casos e os casos de homens de 15 a 29 anos, em especial nos municípios atingidos. Considerando apenas os casos de óbitos de mulheres, nota-se no primeiro ano pós-rompimento uma queda seguida por um aumento das ocorrências no segundo ano pós, tanto para municípios atingidos quanto para os demais municípios em Minas Gerais. Ao restringir somente aos casos de óbitos de mulheres de 15 a 29 anos, também se nota uma queda no primeiro ano pós nos dois grupos de municípios, sendo ela sucedida por queda nos demais municípios (não atingidos) e por uma variação nula nos atingidos considerando o último período de análise.

Tabela 7 — Estatísticas descritivas: número de óbitos devido a causas relacionadas à violência, Minas Gerais

Ano em relação ao rompimento	Total	Taxa de variação (%)	Feminino	Taxa de variação (%)	Masculino	Taxa de variação (%)	Feminino entre 15 e 29 anos	Taxa de variação (%)	Masculino entre 15 e 29 anos	Taxa de variação (%)
Painel A: atingidos										
7º ano pré-rompimento	234		21		213		7		117	
6º ano pré-rompimento	249	6,410	22	4,762	226	6,103	8	14,286	123	5,128
5º ano pré-rompimento	323	29,719	27	22,727	296	30,973	12	50,000	168	36,585
4º ano pré-rompimento	345	6,811	35	29,630	309	4,392	19	58,333	164	-2,381
3º ano pré-rompimento	324	-6,087	31	-11,429	293	-5,178	15	-21,053	166	1,220
2º ano pré-rompimento	329	1,543	29	-6,452	300	2,389	13	-13,333	177	6,627
1º ano pré-rompimento	316	-3,951	31	6,897	285	-5,000	17	30,769	155	-12,429
1º ano pós-rompimento	321	1,582	17	-45,161	304	6,667	9	-47,059	178	14,839
2º ano pós-rompimento	296	-7,788	22	29,412	274	-9,868	9	0,000	144	-19,101
Painel B: demais municípios										
7º ano pré-rompimento	3.557		359		3.197		155		1.809	
6º ano pré-rompimento	3.447	-3,092	406	13,092	3.041	-4,880	185	19,355	1.687	-6,744
5º ano pré-rompimento	3.799	10,212	425	4,680	3.374	10,950	187	1,081	1.808	7,172
4º ano pré-rompimento	4.122	8,502	418	-1,647	3.704	9,781	185	-1,070	2.083	15,210
3º ano pré-rompimento	4.332	5,095	416	-0,478	3.911	5,589	181	-2,162	2.178	4,561
2º ano pré-rompimento	4.501	3,901	373	-10,337	4.126	5,497	154	-14,917	2.319	6,474
1º ano pré-rompimento	4.227	-6,088	384	2,949	3.840	-6,932	156	1,299	2.047	-11,729
1º ano pós-rompimento	4.334	2,531	364	-5,208	3.969	3,359	139	-10,897	2.221	8,500
2º ano pós-rompimento	4.074	-5,999	373	2,473	3.701	-6,752	118	-15,108	1.947	-12,337

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

De forma análoga, a Tabela 8 apresenta informações sobre o número total de óbitos em municípios atingidos e nos demais municípios do estado do Espírito Santo por recorte demográfico. Em contraste com o comportamento do total de casos de óbitos violentos nos municípios atingidos em Minas Gerais no período pós-rompimento, no Espírito Santo observa-se uma queda dos óbitos violentos no primeiro ano pós-desastre (seguindo quedas nos dois anos anteriores) e um aumento no segundo ano. Essas variações nesses dois anos também são observadas quando se consideram apenas óbitos de homens e de mulheres. Um padrão similar de variação nesses dois anos também é observado para os demais municípios (não atingidos) do Espírito Santo. Nota-se, no entanto, que para o total de óbitos violentos, as magnitudes de variação nos primeiro e segundo anos após o rompimento são maiores para municípios atingidos do que para os demais municípios, padrão que também se repete ao considerar apenas os óbitos violentos de homens.

Tabela 8 — Estatísticas descritivas: número de óbitos devido a causas relacionadas à violência, Espírito Santo

Ano em relação ao rompimento	Total	%	Feminino	%	Masculino	%	Feminino entre 15 e 29 anos	%	Masculino entre 15 e 29 anos	%
Painel A: atingidos										
7º ano pré-rompimento	717		76		641		40		396	
6º ano pré-rompimento	644	-10,181	55	-27,632	589	-8,112	23	-42,500	358	-9,596
5º ano pré-rompimento	675	4,814	71	29,091	604	2,547	43	86,957	387	8,101
4º ano pré-rompimento	614	-9,037	58	-18,310	556	-7,947	28	-34,884	331	-14,470
3º ano pré-rompimento	663	7,980	69	18,966	594	6,835	33	17,857	394	19,033
2º ano pré-rompimento	604	-8,899	48	-30,435	556	-6,397	20	-39,394	342	-13,198
1º ano pré-rompimento	594	-1,656	54	12,500	539	-3,058	23	15,000	341	-0,292
1º ano pós-rompimento	502	-15,488	42	-22,222	460	-14,657	15	-34,783	294	-13,783
2º ano pós-rompimento	616	22,709	46	9,524	570	23,913	22	46,667	338	14,966
Painel B: demais municípios										
7º ano pré-rompimento	1.274		146		1.128		71		647	
6º ano pré-rompimento	1.216	-4,553	113	-22,603	1.103	-2,216	43	-39,437	653	0,927
5º ano pré-rompimento	1.035	-14,885	108	-4,425	927	-15,956	56	30,233	541	-17,152
4º ano pré-rompimento	1059	2,319	102	-5,556	957	3,236	55	-1,786	559	3,327
3º ano pré-rompimento	996	-5,949	108	5,882	888	-7,210	52	-5,455	517	-7,513
2º ano pré-rompimento	1032	3,614	96	-11,111	936	5,405	48	-7,692	561	8,511
1º ano pré-rompimento	881	-14,632	96	0,000	785	-16,132	38	-20,833	440	-21,569
1º ano pós-rompimento	799	-9,308	60	-37,500	739	-5,860	20	-47,368	406	-7,727
2º ano pós-rompimento	902	12,891	100	66,667	802	8,525	34	70,000	452	11,330

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

As estatísticas de média, mediana e desvio padrão da taxa de óbitos violentos podem ser acompanhadas ao longo do tempo na Tabela 9, permitindo comparar municípios que compõem os grupos atingido e de comparação apresentados na subseção 3.2. É importante mencionar que essas estatísticas, assim como as da Tabela 9 e da Tabela 10, são calculadas sem levar em conta o tamanho da população de cada município. Dessa forma, diferem do que é feito nos modelos de regressão, em que, conforme discutido na subseção 3.1.2.2, os pesos populacionais são utilizados para mitigar a influência sobre os estimadores de variações extremas ao longo do tempo nos indicadores de impacto. Aqui, opta-se pelas estatísticas sem ponderação para simplificar a interpretação dos valores, mas ressalta-se que a subseção 4.2 permite observar a evolução da média das taxas de óbitos com os pesos populacionais considerados.

A Tabela 9 mostra que, em média, a taxa de óbitos violentos nos municípios atingidos é comparável em magnitude somente às dos grupos de comparação 2, 4 e 5, exibindo, todavia, um grande crescimento do sexto para o quinto ano pré-rompimento, algo não refletido em nenhum dos grupos de comparação. A despeito dessa mudança de patamar, os grupos de comparação 2 e 5 apresentam, em geral, comportamento semelhante ao dos atingidos ao longo do tempo, tanto em média, como também em mediana e desvio padrão. Uma possível explicação está na presença dos municípios vizinhos contíguos aos atingidos nestes dois grupos, o que, em linha com o discutido na

subseção 3.2, sugere que estes de fato guardam semelhanças importantes aos que compõem o grupo atingido. Note que as estatísticas para o grupo de comparação 3 divergem bastante das do grupo atingido, potencialmente refletindo a ausência dos vizinhos contíguos, mas tornam-se mais similares quando se introduz o pareamento por escore de propensão, conforme evidenciado na coluna referente ao grupo de comparação 4.

Tabela 9 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência

Ano em relação ao rompimento	Atingido	Comparação 1	Comparação 2	Comparação 3	Comparação 4	Comparação 5
Painel A: média						
7º ano pré-rompimento	24,265	12,167	24,782	13,848	23,399	22,229
6º ano pré-rompimento	24,592	12,533	24,108	13,460	23,897	24,386
5º ano pré-rompimento	31,153	12,205	24,629	14,445	21,570	23,482
4º ano pré-rompimento	31,090	13,041	21,829	16,405	25,072	22,805
3º ano pré-rompimento	29,051	13,283	24,182	13,953	23,517	22,375
2º ano pré-rompimento	29,114	14,042	25,276	14,365	21,986	22,036
1º ano pré-rompimento	29,877	15,537	23,759	17,524	21,811	22,469
1º ano pós-rompimento	28,437	15,861	24,406	16,846	21,618	22,155
2º ano pós-rompimento	32,826	16,997	26,457	18,969	22,796	22,746
Painel B: mediana						
7º ano pré-rompimento	18,888	6,380	15,256	8,700	16,541	12,951
6º ano pré-rompimento	18,007	6,755	17,139	7,824	18,433	18,433
5º ano pré-rompimento	26,064	6,930	19,507	8,568	15,362	18,914
4º ano pré-rompimento	23,815	8,199	16,648	11,088	20,092	18,847
3º ano pré-rompimento	24,567	6,980	18,086	7,811	21,632	18,507
2º ano pré-rompimento	24,237	9,419	20,236	8,495	21,464	19,577
1º ano pré-rompimento	29,308	11,585	20,334	13,383	20,807	21,280
1º ano pós-rompimento	24,820	11,289	20,610	13,452	20,256	20,256
2º ano pós-rompimento	25,875	12,961	21,775	16,151	21,411	21,631
Painel C: desvio padrão						
7º ano pré-rompimento	27,962	16,998	28,887	17,099	23,079	25,457
6º ano pré-rompimento	21,606	17,092	25,661	17,275	20,326	25,236
5º ano pré-rompimento	26,050	16,446	23,498	19,094	22,691	24,121
4º ano pré-rompimento	30,160	16,935	22,958	19,423	22,326	22,426
3º ano pré-rompimento	23,706	17,377	23,911	17,481	20,437	21,600
2º ano pré-rompimento	23,120	16,653	21,768	17,962	17,834	19,827
1º ano pré-rompimento	21,383	17,420	19,520	18,900	16,019	18,192
1º ano pós-rompimento	23,614	18,818	22,572	18,699	16,673	19,821
2º ano pós-rompimento	25,336	19,503	24,218	21,210	19,242	20,763

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

A Tabela 10 apresenta as mesmas estatísticas discutidas acima para os óbitos no recorte demográfico de homens. Embora pareça notável a grande semelhança das séries de óbitos masculinos com o observado na Tabela 9, tanto para o grupo atingido quanto para os de comparação, isso se explica pelo fato de que mais de 90% dos mais de 54 mil óbitos por agressões na base de dados utilizada se enquadram nesse recorte. Ou seja, o comportamento da média, mediana e do desvio padrão analisado para os óbitos sem restrição a recorte demográfico é majoritariamente determinado pelo que é

exibido nas taxas de óbitos de homens. Não surpreendentemente, o que pode ser dito sobre as estatísticas da tabela acima vale também para os óbitos violentos masculinos. Por sua vez, a Tabela 11 mostra que, em média, a taxa de óbitos violentos de mulheres é consideravelmente mais baixa que a de homens. Isso é reforçado pelas medianas, em sua grande maioria iguais a zero, indicando que ao menos 50% dos municípios em cada grupo não registrou sequer um caso de óbito feminino por causas associadas a agressões intencionais. A exceção se encontra nos municípios atingidos, em que a mediana alcança uma morte por 100 mil habitantes no primeiro ano pré e no segundo ano pós-rompimento. De fato, nesse último período se observa um crescimento bastante expressivo na taxa média de óbitos femininos em relação ao primeiro ano pós-rompimento, algo não observado nos outros grupos de comparação à exceção do segundo, de vizinhos contíguos, que ainda assim não replica o movimento na mesma escala. Tamanha elevação é acompanhada por aumento no desvio padrão da taxa nos atingidos, sugerindo que o salto na taxa de óbitos pode estar concentrado em poucos municípios.

No apêndice A, é possível analisar o comportamento, ao longo do tempo, dessas estatísticas para as taxas de óbitos violentos de homens e mulheres entre 15 e 29 anos. Por não se distinguirem de maneira substancial do observado para os respectivos recortes sem restrição a faixa etária específica, optou-se por omiti-los do texto principal.

Tabela 10 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens

Ano em relação ao rompimento	Atingido	Comparação 1	Comparação 2	Comparação 3	Comparação 4	Comparação 5
Painel A: média						
7º ano pré-rompimento	21,498	10,637	22,068	12,297	20,817	19,886
6º ano pré-rompimento	21,437	10,923	20,815	12,153	22,489	22,229
5º ano pré-rompimento	27,235	10,629	21,482	12,754	19,408	20,726
4º ano pré-rompimento	27,547	11,689	19,951	14,878	22,991	20,548
3º ano pré-rompimento	26,385	11,683	21,197	12,547	21,103	20,278
2º ano pré-rompimento	25,640	12,496	22,837	12,948	20,161	20,479
1º ano pré-rompimento	26,284	13,980	20,997	16,147	20,007	19,917
1º ano pós-rompimento	27,101	14,387	22,341	15,256	19,350	20,117
2º ano pós-rompimento	28,419	15,070	23,526	16,708	20,706	20,648
Painel B: mediana						
7º ano pré-rompimento	14,723	4,244	11,337	6,522	15,910	9,522
6º ano pré-rompimento	17,153	4,713	16,017	6,280	17,683	17,683
5º ano pré-rompimento	23,702	4,929	16,253	6,362	12,558	15,785
4º ano pré-rompimento	20,847	6,553	15,443	8,513	17,520	16,770
3º ano pré-rompimento	20,545	5,484	15,115	6,306	21,400	16,224
2º ano pré-rompimento	21,656	7,743	17,864	6,468	19,732	17,908
1º ano pré-rompimento	24,143	9,344	17,935	11,415	18,404	18,551
1º ano pós-rompimento	24,155	9,683	18,443	11,995	17,699	17,699
2º ano pós-rompimento	21,323	10,109	18,521	12,838	20,120	20,102
Painel C: desvio padrão						
7º ano pré-rompimento	25,292	15,652	27,230	15,844	21,290	23,733
6º ano pré-rompimento	19,370	15,601	22,732	16,005	19,406	23,332
5º ano pré-rompimento	23,472	15,288	22,235	17,851	20,934	22,322
4º ano pré-rompimento	28,373	16,020	21,698	18,468	20,975	21,042
3º ano pré-rompimento	21,922	15,921	22,318	16,258	19,077	20,436
2º ano pré-rompimento	21,231	15,810	21,015	17,096	17,005	19,140
1º ano pré-rompimento	19,607	16,558	18,888	18,393	15,639	17,433
1º ano pós-rompimento	23,004	17,584	19,939	17,936	15,933	18,183
2º ano pós-rompimento	21,336	18,227	23,171	19,734	17,277	19,366

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Tabela 11 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres

Ano em relação ao rompimento	Atingido	Comparação 1	Comparação 2	Comparação 3	Comparação 4	Comparação 5
Painel A: média						
7º ano pré-rompimento	2,768	1,530	2,714	1,551	2,582	2,342
6º ano pré-rompimento	3,146	1,609	3,293	1,307	1,408	2,157
5º ano pré-rompimento	3,918	1,576	3,147	1,691	2,162	2,755
4º ano pré-rompimento	3,535	1,352	1,879	1,528	2,081	2,258
3º ano pré-rompimento	2,666	1,579	2,985	1,405	2,410	2,093
2º ano pré-rompimento	3,474	1,543	2,439	1,408	1,818	1,551
1º ano pré-rompimento	3,589	1,553	2,762	1,376	1,802	2,551
1º ano pós-rompimento	1,337	1,474	2,065	1,589	2,266	2,036
2º ano pós-rompimento	4,407	1,927	2,931	2,261	2,090	2,098
Painel B: mediana						
7º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
6º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
5º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
4º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
3º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
2º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
1º ano pré-rompimento	1,102	0	0	0	0	0
1º ano pós-rompimento	0	0	0	0	0	0
2º ano pós-rompimento	1,149	0	0	0	0	0
Painel C: desvio padrão						
7º ano pré-rompimento	5,849	4,073	5,476	4,003	4,607	4,948
6º ano pré-rompimento	7,780	4,819	7,550	4,690	2,638	4,649
5º ano pré-rompimento	5,811	4,409	6,921	4,325	3,285	5,236
4º ano pré-rompimento	6,387	3,816	4,233	4,299	4,309	4,852
3º ano pré-rompimento	3,487	4,229	6,456	3,410	3,857	4,174
2º ano pré-rompimento	5,802	4,054	5,381	4,096	3,941	3,497
1º ano pré-rompimento	5,789	4,046	5,611	3,775	3,726	5,376
1º ano pós-rompimento	2,494	4,008	5,674	4,039	4,248	4,826
2º ano pós-rompimento	7,600	4,809	5,841	5,575	4,836	4,624

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

A seguir, são exibidos os resultados de testes de diferenças de médias entre o grupo atingido e cada grupo de comparação (Tabela 12, Tabela 13, Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16 para os grupos de comparação 1, 2, 3, 4 e 5, respectivamente). Esses testes têm o intuito de analisar quão diferentes são os grupos em termos de características observáveis relevantes em um momento pré-rompimento (especificamente, o ano ao qual se referem os dados utilizados).

Foram analisadas justamente as variáveis utilizadas para estimar o escore de propensão usado na definição dos grupos de comparação 4 e 5, conforme detalhado anteriormente. O teste adotado para verificar balanceamento entre os grupos é o T de Student, um teste de hipótese operacionalizado para avaliar individualmente se a média de cada uma das variáveis utilizadas na especificação do escore de propensão pode ser considerada estatisticamente diferente entre o grupo atingido e cada um dos grupos de comparação. No contexto desta seção, a hipótese nula do teste é que não se pode distinguir entre as médias dos grupos; se, ao realizá-lo, a conclusão for que tal diferença

é estatisticamente significativa considerando um determinado nível de significância,⁴⁶ rejeita-se a hipótese nula e confirma-se, portanto, que os grupos são diferentes em relação à característica em análise em termos da média. Cabe destacar que, caso não seja possível rejeitar a hipótese nula, não se pode afirmar que as médias são diferentes entre os grupos.

A estatística que caracteriza este teste de hipótese é a estatística T. A rejeição da hipótese nula ocorre quando, comparada a um valor crítico da distribuição T de Student determinado pelo nível de significância estatística considerado, a estatística T se mostra superior em valor absoluto. Da estatística T calcula-se ainda o p-valor, que serve também como forma de interpretar o resultado do teste de hipótese. Se o p-valor for menor do que o nível de significância considerado, pode-se rejeitar a hipótese nula. Caso contrário, não há evidência suficiente para acreditar que há diferenças entre as médias dos grupos para a característica em análise.

Nota-se que, considerando os grupos de comparação 1, 2 e 3, há diferenças estatisticamente significantes entre as médias do grupo atingido e do grupo de comparação em análise para algumas das variáveis analisadas. Nessas três comparações, as médias de tamanho da população e de proporção da população que residia em zonas rurais são diferentes entre os grupos, por exemplo (o grupo atingido tem, em média, população maior e menor proporção de residentes em zonas rurais em relação aos grupos de comparação).

Em contrapartida, quando se observam os resultados desses testes considerando os grupos de comparação 4 e 5, nos quais houve pareamento via Kernel, os resultados são bastante diferentes, conforme esperado: não há diferenças estatisticamente significantes entre as médias do grupo atingido e de comparação em nenhuma das características analisadas.⁴⁷ Isso sugere que o uso do método de pareamento melhora o balanceamento da amostra, tornando os grupos atingido e de comparação mais semelhantes em termos das médias dessas características observáveis pré-rompimento.

⁴⁶ Os níveis de significância tipicamente utilizados na literatura de avaliação econométrica de impactos são 10%, 5% e 1%.

⁴⁷ No pareamento realizado entre municípios atingidos e de comparação pertencentes às mesmas em mesorregiões (excetuando-se os vizinhos contíguos) para construir o grupo de comparação 4, quatro municípios atingidos ficam fora do suporte comum: Serra, no Espírito Santo, e Córrego Novo, Dionísio e Pingo D'Água, em Minas Gerais. Para o grupo de comparação 5, em que se permite que os municípios vizinhos aos atingidos possam receber peso de pareamento, apenas um atingido fica fora do suporte comum: Pingo D'Água (MG). Nesses casos, esses municípios não foram considerados nas análises.

Tabela 12 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 1

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 1	Diferença de médias	Estatística t	p-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,922	-0,122	-2,894	0,004
Tamanho da população (ln)	9,748	9,228	0,520	3,229	0,001
Proporção da população composta por mulheres	0,506	0,495	0,011	6,044	0,000
Proporção da população composta por brancos	0,333	0,457	-0,123	-4,250	0,000
Proporção da população com idade entre 15 e 29 anos	0,250	0,253	-0,003	-0,870	0,384
Proporção da população com ensino médio completo	0,258	0,238	0,020	1,765	0,078
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,329	-0,085	-2,926	0,004
Proporção da população que estava ocupada	0,484	0,526	-0,042	-4,079	0,000
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,356	-0,084	-3,212	0,001
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,009	-0,001	-0,299	0,765
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,089	-0,003	-0,248	0,804
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,412	0,061	2,871	0,004
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,134	0,021	0,398	0,691
Índice de Gini	0,474	0,475	-0,001	-0,179	0,858
<i>Dummy</i> de existência de guarda municipal	0,089	0,073	0,016	0,387	0,699
Número de observações	45	886			

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Tabela 13 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 2

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 2	Diferença de médias	Estatística t	p-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,709	0,091	1,121	0,264
Tamanho da população (ln)	9,748	9,290	0,458	2,297	0,023
Proporção da população composta por mulheres	0,506	0,500	0,006	3,038	0,003
Proporção da população composta por brancos	0,333	0,365	-0,031	-1,648	0,102
Proporção da população com idade entre 15 e 29 anos	0,250	0,253	-0,003	-0,986	0,326
Proporção da população com Ensino Médio completo	0,258	0,218	0,039	2,568	0,011
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,363	-0,119	-3,550	0,001
Proporção da população que estava ocupada	0,484	0,502	-0,018	-1,422	0,157
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,387	-0,114	-3,673	0,000
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,011	-0,002	-0,517	0,606
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,063	0,023	2,385	0,019
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,364	0,110	4,174	0,000
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,069	0,085	1,638	0,104
Índice de Gini	0,474	0,483	-0,009	-1,078	0,283
<i>Dummy</i> de existência de guarda municipal	0,089	0,035	0,054	1,304	0,195
Número de observações	45	86			

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Tabela 14 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 3

Variável	Média — Grupo atingido	Média — Grupo comparação 3	Diferença de médias	Estatística t	p-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,800	0,920	-0,120	-2,530	0,012
Tamanho da população (ln)	9,748	9,168	0,581	2,995	0,003
Proporção da população composta por mulheres	0,506	0,498	0,007	4,147	0,000
Proporção da população composta por brancos	0,333	0,417	-0,084	-3,667	0,000
Proporção da população com idade entre 15 e 29 anos	0,250	0,249	0,001	0,156	0,876
Proporção da população com Ensino Médio completo	0,258	0,240	0,018	1,339	0,182
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,244	0,336	-0,093	-2,905	0,004
Proporção da população que estava ocupada	0,484	0,515	-0,031	-2,893	0,004
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,272	0,319	-0,047	-1,538	0,125
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,008	0,012	-0,003	-0,805	0,422
Proporção de ocupados em indústrias	0,086	0,089	-0,004	-0,271	0,787
Proporção da população em empregos no setor formal	0,473	0,411	0,062	2,511	0,013
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,154	6,141	0,014	0,280	0,780
Índice de Gini	0,474	0,475	-0,001	-0,142	0,887
<i>Dummy</i> de existência de guarda municipal	0,089	0,062	0,027	0,671	0,502
Número de observações	45	274			

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Tabela 15 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 4

Variável	Média — Grupo Atingido	Média — Grupo Comparação 4	Diferença de Médias	Estatística t	p-valor
<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,805	0,785	0,020	0,392	0,695
Tamanho da população (ln)	9,762	9,817	-0,056	-0,310	0,757
Proporção da população composta por mulheres	0,506	0,505	0,001	0,760	0,448
Proporção da população composta por brancos	0,340	0,330	0,010	0,827	0,409
Proporção da população com idade entre 15 e 29 anos	0,249	0,252	-0,003	-1,057	0,291
Proporção da população com Ensino Médio completo	0,258	0,260	-0,002	-0,149	0,882
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,252	0,250	0,002	0,097	0,923
Proporção da população que estava ocupada	0,486	0,487	-0,001	-0,114	0,909
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,268	0,265	0,003	0,118	0,906
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,009	0,010	-0,002	-0,611	0,542
Proporção de ocupados em indústrias	0,087	0,082	0,005	0,571	0,568
Proporção da população em empregos no setor formal	0,465	0,459	0,006	0,324	0,746
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,164	6,153	0,011	0,269	0,788
Índice de Gini	0,477	0,476	0,001	0,168	0,866
<i>Dummy</i> de existência de guarda municipal	0,098	0,109	-0,012	-0,307	0,759
Número de observações	41	215			

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Tabela 16 — Resultados dos testes de diferença de médias entre grupos – Grupo de comparação 5

<i>Dummy</i> de município localizado em Minas Gerais	0,795	0,798	-0,002	-0,050	0,960
Tamanho da população (ln)	9,779	9,696	0,083	0,543	0,587
Proporção da população composta por mulheres	0,506	0,505	0,001	0,873	0,383
Proporção da população composta por brancos	0,337	0,342	-0,005	-0,465	0,642
Proporção da população com idade entre 15 e 29 anos	0,250	0,250	-0,001	-0,304	0,761
Proporção da população com Ensino Médio completo	0,259	0,258	0,001	0,087	0,931
Proporção da população que residia em zonas rurais	0,247	0,253	-0,006	-0,303	0,762
Proporção da população que estava ocupada	0,485	0,490	-0,005	-0,708	0,479
Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca	0,269	0,277	-0,008	-0,453	0,650
Proporção de ocupados em atividades de mineração	0,009	0,010	-0,001	-0,465	0,642
Proporção de ocupados em indústrias	0,087	0,086	0,001	0,111	0,912
Proporção da população em empregos no setor formal	0,471	0,461	0,010	0,673	0,501
Renda familiar <i>per capita</i> média (ln)	6,162	6,163	-0,001	-0,031	0,975
Índice de Gini	0,475	0,475	0,000	-0,050	0,960
<i>Dummy</i> de existência de guarda municipal	0,091	0,114	-0,023	-0,710	0,478
Número de observações	44	307			

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

4.2 Inspeção visual de tendências pré-rompimento

Conforme discutido na seção de metodologia, um dos preceitos metodológicos para interpretar causalidade de regressões estimadas por diferença-em-diferenças é a existência de tendências paralelas — na ausência do rompimento, os indicadores de impacto dos grupos atingido e de comparação apresentariam evoluções semelhantes ao longo do tempo. Embora essa seja uma hipótese que não se consegue testar na prática, podem-se apresentar argumentos sobre sua plausibilidade a partir da análise do comportamento do indicador de impacto dos grupos atingido e de comparação nos períodos anteriores ao rompimento: se evoluírem de maneira similar, há indícios de que a hipótese em questão é plausível; caso contrário, isso serve de evidência contrária à estratégia empírica adotada.

Nesta subseção, são apresentados gráficos que permitem uma inspeção visual do comportamento de cada variável dependente usada no presente estudo, considerando os cinco grupos de comparação utilizados. Em cada um deles, o indicador de impacto é apresentado na mesma dimensão em que é analisado via regressão, sob a transformação de arco seno hiperbólico mencionada na seção 2.2. A linha “Atingido”

expressa a média das taxas de óbitos violentos dos 45 municípios atingidos, enquanto as linhas referentes aos grupos de comparação descrevem a média entre seus respectivos municípios componentes. Também como nos modelos de regressão, as médias são ponderadas pela população em recorte demográfico correspondente ao perfil dos óbitos analisados.

O Gráfico 2 apresenta as tendências para a taxa de óbitos por causas violentas sem se restringir a um recorte demográfico específico da população. Nota-se que:

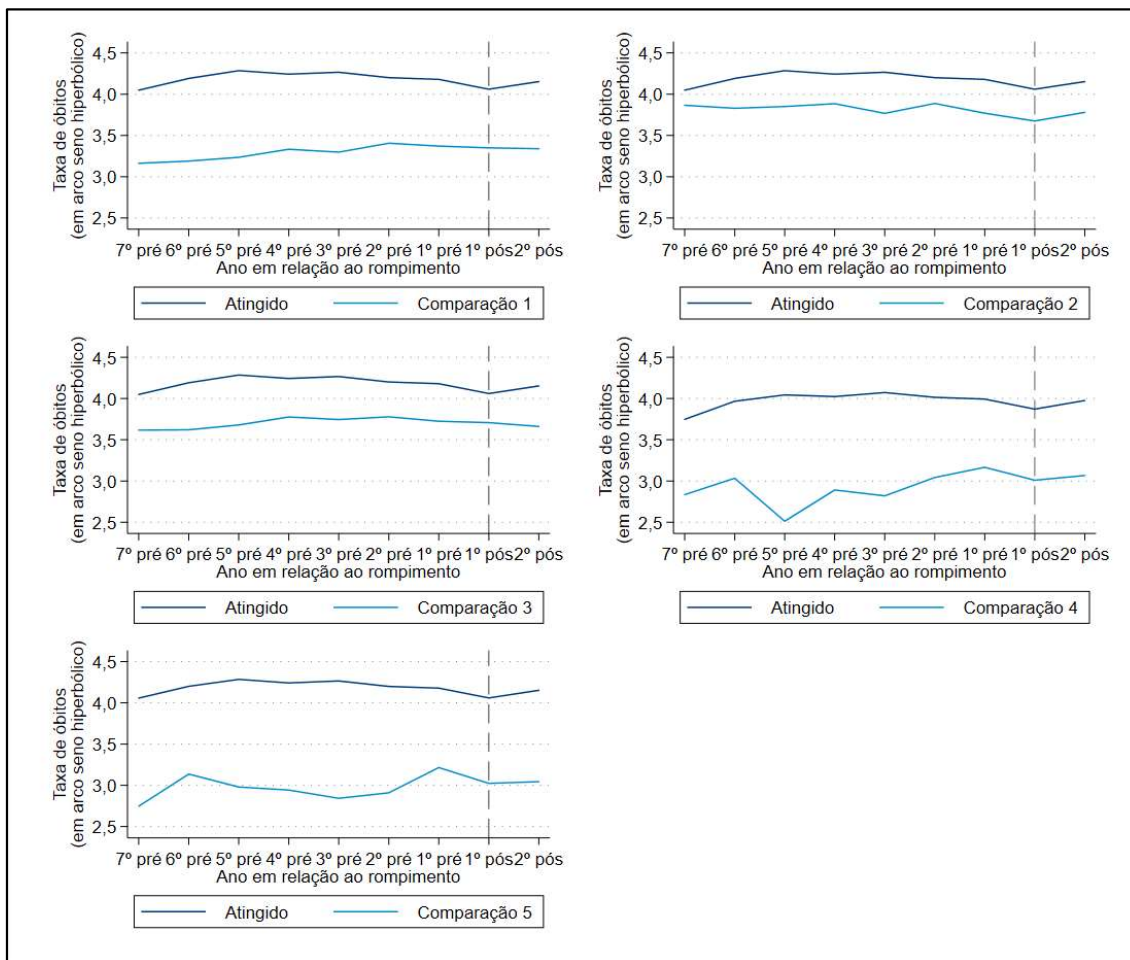
- I no grupo atingido, retratado em todos os gráficos, há um aumento do indicador entre o sétimo e o quinto anos pré-rompimento, seguido por período de relativa queda entre o quinto ano pré e o primeiro ano pós-rompimento. Entre o primeiro e o segundo anos pós-rompimento, no entanto, observa-se um aumento do indicador;
- II no grupo de comparação 1, verifica-se uma tendência de aumento do indicador entre o sétimo e o segundo períodos pré-rompimento, seguido por uma queda nos anos subsequentes;
- III no grupo de comparação 2, o indicador se mantém relativamente estável entre o sétimo e o segundo períodos pré-rompimento (exceto pela queda expressiva no terceiro período), seguido por uma queda até o primeiro período pós e depois um aumento no segundo período pós-rompimento;
- IV no grupo de comparação 3, há um aumento do indicador entre o sétimo e o quarto períodos pré-rompimento, seguido por um período de relativa estabilidade e depois queda do mesmo até o final do período analisado;
- V no grupo de comparação 4, a evolução do indicador apresenta maior variação ao longo do período analisado. Nota-se uma expressiva queda do mesmo no quinto período pré-rompimento, seguida por uma tendência de aumento até o primeiro ano. Entre o primeiro ano pré e o primeiro ano pós-rompimento, há uma queda do indicador, seguida depois por um aumento no ano seguinte (segundo pós);
- VI no grupo de comparação 5, observa-se um aumento do indicador entre o sétimo e o sexto anos pré-rompimento, seguidos por uma queda até o terceiro ano pré. Entre o terceiro e o primeiro anos pré, há um aumento do indicador, que depois cai no primeiro ano pós. No segundo ano pós-rompimento, há um pequeno aumento do mesmo.

Ao comparar a evolução do comportamento do indicador para o grupo atingido e para os grupos de comparação nos período pré-rompimento, nota-se que, em alguns casos, as tendências observadas não são visualmente similares entre os grupos. Esse parece ser o caso especialmente dos grupos de comparação 4 e 5, nos quais se utilizam métodos para parear os grupos atingido e de comparação a partir de suas características para que eles sejam o mais semelhantes possível em características observáveis pré-rompimento. Isso sugere que municípios que eram similares aos atingidos em características socioeconômicas antes do rompimento⁴⁸ possivelmente estavam sujeitos a influências sobre suas taxas de óbitos por causas relacionadas à violência advindas de outros fatores, potencialmente não observáveis, os quais a estratégia de pareamento e a combinação de métodos de diferença-em-diferenças considerando a especificação proposta podem não conseguir resolver. Esses aspectos, no entanto, devem ser interpretados com cautela, sendo necessárias investigações adicionais sobre a plausibilidade da hipótese para essa aplicação.⁴⁹

⁴⁸ Essas características se referem àquelas utilizadas para estimar o escore de propensão e a semelhança entre grupos pré-rompimento diz respeito ao ano a que se referem esses dados, conforme apresentados na subseção 4.1.

⁴⁹ Conforme comentado na subseção 3.1.1.2, os resultados das estimações dos parâmetros β_t referentes a anos pré-rompimento podem ser utilizados para verificar a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas no período pré-rompimento, conforme será apresentado e discutido na subseção 4.3.

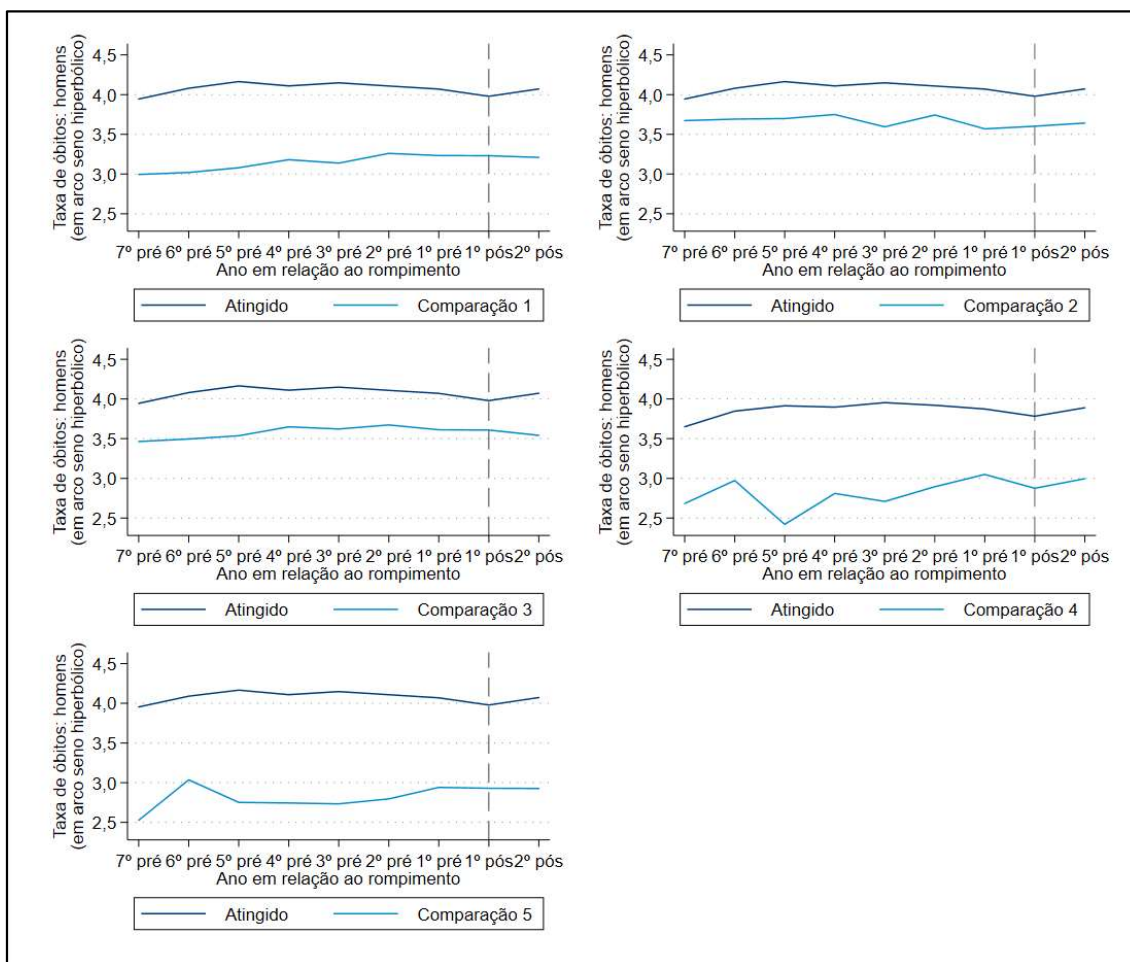
Gráfico 2 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência



Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

No Gráfico 3, são apresentadas as tendências das taxas de óbitos violentos entre homens apenas. Nota-se que comportamento de todas as séries ao longo do período analisado (grupo atingido e grupos de comparação) é muito parecido ao observado para a taxa de óbitos por causas violentas sem se restringir a um recorte demográfico específico da população (Gráfico 2).

Gráfico 3 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens

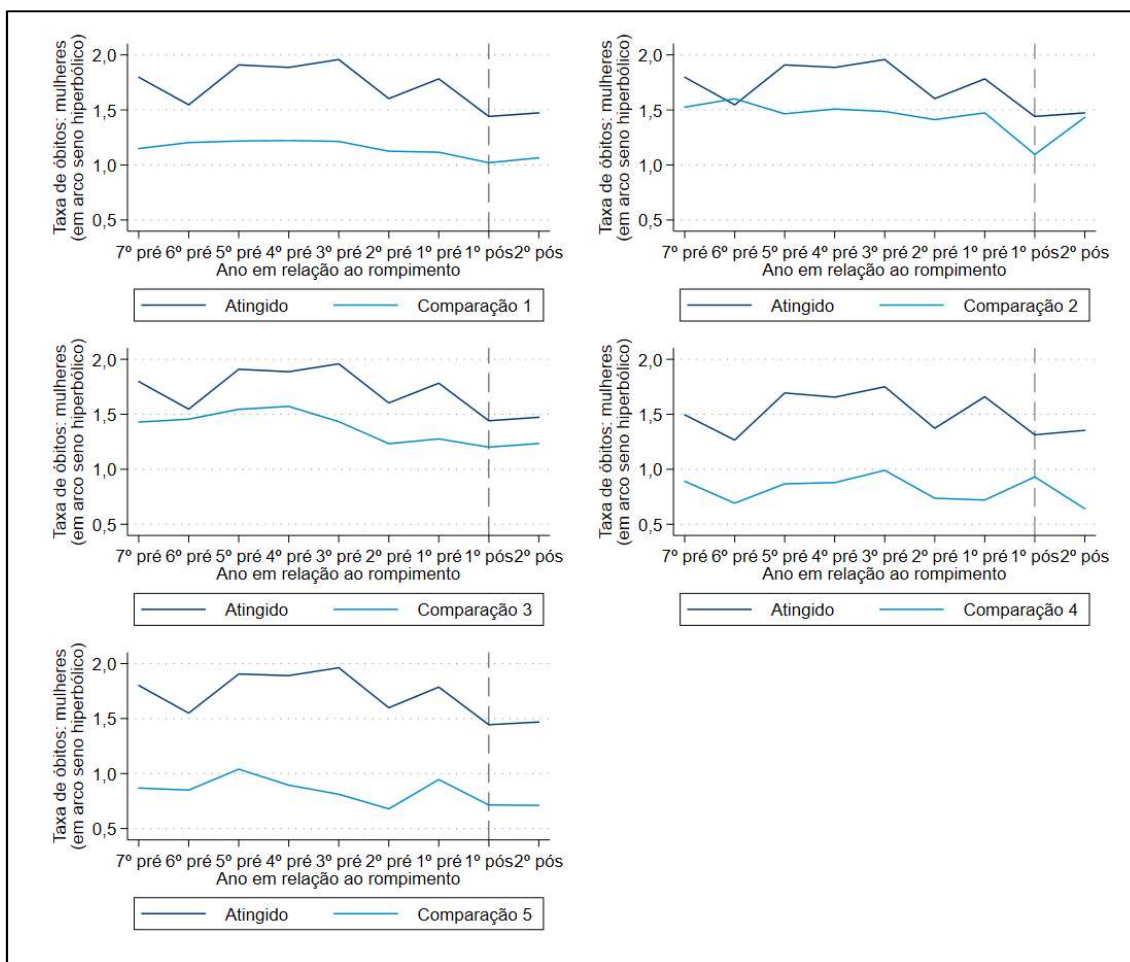


Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Por fim, no Gráfico 4, apresentam-se dados que permitem analisar as tendências para as taxas de óbito devido a causas violentas apenas entre mulheres. A análise a ser feita é análoga à realizada para os gráficos anteriores. Nesse caso, nota-se que o indicador em questão apresenta uma variação bem maior ao longo do período para o grupo atingido: há uma queda entre o sétimo e o sexto anos pré-rompimento, seguida por um período de relativa estabilidade (entre o quinto e o terceiro anos pré), depois queda entre o terceiro ano pré e o primeiro ano pós excetuando o crescimento do indicador no primeiro ano pré nesse período e, por fim, há um aumento entre o primeiro e o segundo anos pós. As evoluções dos indicadores dos grupos de comparação também apresentam alterações em relação às observadas para os recortes demográficos anteriores, mas, considerando suas variações ao longo do período analisado, seus comportamentos são mais estáveis que os observados para o grupo atingido. A discussão e ressalvas sobre a aparente não similaridade entre as tendências dos grupos

atingido e de comparação nos períodos pré-rompimento feitas para os casos anteriores também se aplicam aqui.

Gráfico 4 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres



No apêndice B, estão disponíveis gráficos considerando os recortes demográficos de homens de 15 a 29 anos de idade e de mulheres de 15 a 29 anos de idade (Gráfico 1 e Gráfico 2, respectivamente). A evolução das taxas para cada subgrupo etário é muito similar à observada para o respectivo recorte demográfico sem restrições à idade (homens ou mulheres).

4.3 Resultados das estimações

Os resultados principais das estimações são apresentados nas subseções seguintes por meio de gráficos, estando disponíveis no apêndice C as tabelas com coeficientes estimados, erros padrões e intervalos de confiança. Em cada gráfico de resultados,

constam os valores das estimativas dos coeficientes β_τ da Equação 1, representado por círculos, além de seus respectivos intervalos de 95% de confiança, ilustrados por linhas verticais. Como de costume na literatura de avaliação econométrica de impactos, a hipótese nula a ser testada é de que $\beta_\tau = 0$, ou seja, de que o rompimento não tem efeito sobre o indicador de impacto em análise no ano τ .

Em todos os casos foi incluída uma marcação em zero no coeficiente do período do 1º ano pré-rompimento, tido como o valor-base de comparação para todos os outros coeficientes. Ressalta-se que os coeficientes apresentados se referem sempre à diferença entre o ano em análise e o ano imediatamente anterior ao rompimento do quanto o indicador de impacto do grupo atingido difere do de comparação (“diferença-em-diferenças”). Se tiver ocorrido alguma mudança na dinâmica dos indicadores de crime após o rompimento, então se espera que os coeficientes sobre e à direita da linha vertical destacada (isto é, no período pós-rompimento) tenham um padrão diferente dos coeficientes à esquerda da linha. Pode-se dizer que o rompimento tem efeito estatisticamente significativo ao nível de 5% se o valor zero não estiver contido no intervalo de confiança associado a β_τ .

Cada subseção a seguir refere-se a um dos recortes demográficos para os quais foi calculado o número de óbitos por 100 mil habitantes por causas associadas a agressões, conforme definido na subseção 2.2. Em cada gráfico apresentado, há cinco painéis que dizem respeito aos diferentes grupos de comparação utilizados na análise, conforme definido na subseção 3.2.2.⁵⁰

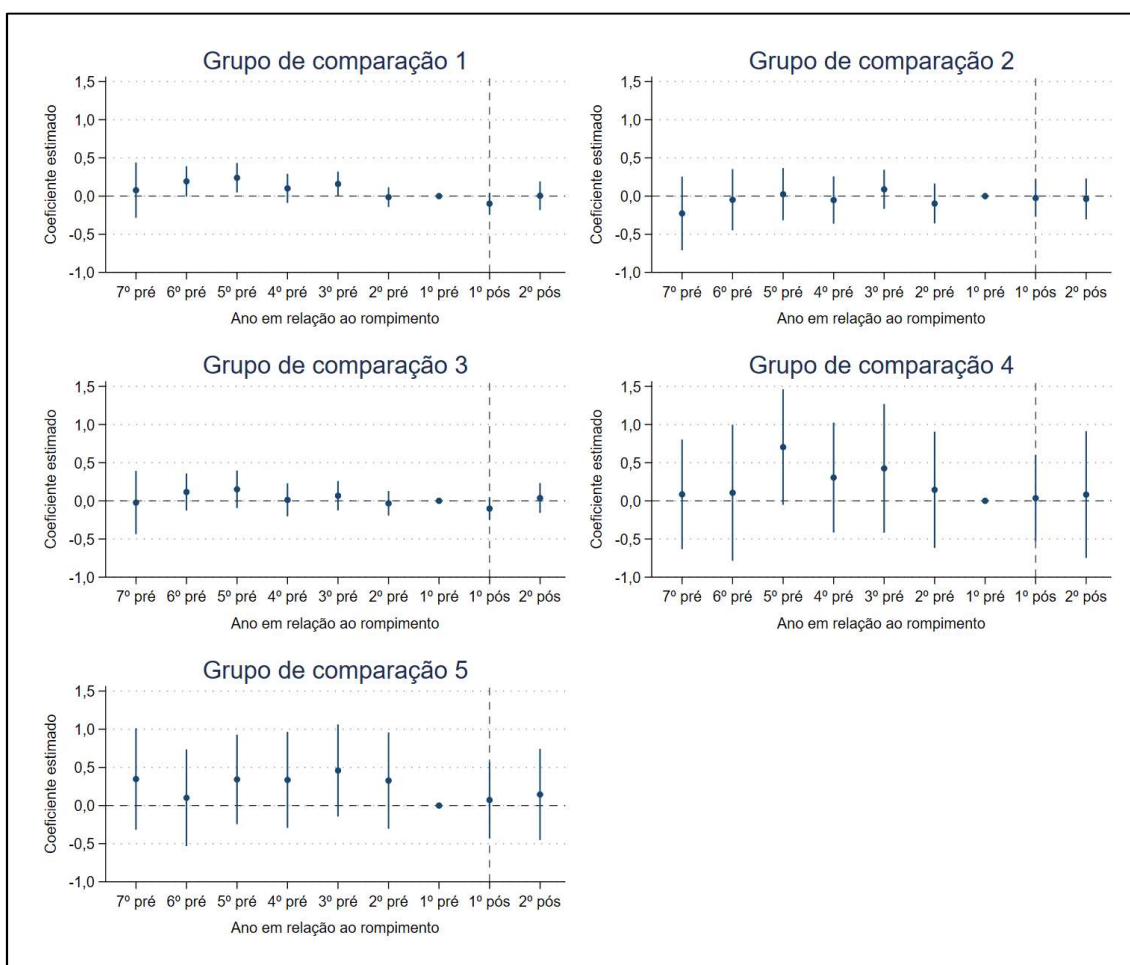
4.3.1 Taxa de óbitos por causas relacionadas à violência

O Gráfico 5 exibe o resultado da estimação da Equação 1 quando a variável dependente é o número de óbitos com causas relacionadas à violência por 100 mil habitantes sem se restringir a um recorte demográfico em específico (isto é, são consideradas todas as ocorrências de óbitos relacionados a agressões). Analisando tanto os resultados para o primeiro quanto para o segundo ano pós-rompimento, não se encontra evidência de efeito do rompimento sobre o indicador de impacto em análise, independentemente do grupo de comparação considerado. Isso porque a variável que mede o efeito médio do

⁵⁰ No pareamento realizado entre municípios atingidos e de comparação pertencentes às mesmas em mesorregiões (excetuando-se os vizinhos contíguos) para construir o grupo de comparação 4, quatro municípios atingidos ficam fora do suporte comum: Serra, no Espírito Santo, e Córrego Novo, Dionísio e Pingo D'Água, em Minas Gerais. Para o grupo de comparação 5, em que se permite que os municípios vizinhos aos atingidos possam receber peso de pareamento, apenas um atingido fica fora do suporte comum: Pingo D'Água (MG). Nesses casos, esses municípios não foram considerados nas análises.

rompimento sobre o grupo atingido nesses anos em específico não é estatisticamente significativa ao nível de 5% em nenhum caso (no gráfico, isso pode ser verificado a partir do fato de os intervalos de confiança associados incluírem o valor zero, indicado pela linha horizontal tracejada). Dessa forma, não se pode rejeitar a hipótese nula de que o rompimento não tem efeito sobre a taxa de óbitos por causas relacionadas à violência.

Gráfico 5 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência



Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Conforme mencionado, os resultados dessas estimações também podem ser utilizados para avaliar a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas (fundamental para o método de diferença-em-diferenças) nos períodos pré-rompimento disponíveis e considerados na análise. Para isso, analisam-se os resultados para os parâmetros β_{-7} , β_{-6} , β_{-5} , β_{-4} , β_{-3} e β_{-2} . Considerando a maior parte dos grupos de comparação e anos pré-rompimento analisados, nota-se que o coeficiente estimado para a variável

de interesse tende a ser positivo, mas ela não é estatisticamente significativa a 5%. Esse resultado indica que, ao comparar o grupo atingido com os de comparação, considerando a diferença no indicador de impacto entre os anos pré-rompimento e o ano imediatamente anterior ao rompimento para cada um, tende a haver uma distinção entre as tendências dos grupos, mas não se pode rejeitar a hipótese nula de que esses parâmetros seriam iguais a zero (individualmente). Em outras palavras, não se pode afirmar que as tendências seriam diferentes entre os grupos no período pré-rompimento. As exceções parecem ser: (i) o caso em que se considera o grupo de comparação 2 (municípios vizinhos contíguos dos atingidos), em que os coeficientes estimados para os parâmetros em questão são negativos ou muito próximos de zero; e (ii) o caso em que se considera o grupo de comparação 1 (demais municípios em Minas Gerais e no Espírito Santo), quando, no quinto ano pré-rompimento, o coeficiente estimado é positivo e a variável em análise é estatisticamente significativa. Como esses dois resultados não se mantêm quando se altera o grupo de comparação utilizado e não ocorrem nos casos das especificações preferidas (em que se utilizam os grupos de comparação 4 e 5), não se acredita que modifiquem as conclusões obtidas a partir dos demais resultados comentados acima.

No Gráfico 5, cabe também comentar o resultado para o quinto ano pré-rompimento nos resultados referente à estimação utilizando o grupo de comparação 4 (municípios (exceto vizinhos contíguos) pertencentes a mesorregiões que contêm ao menos um atingido pareados via Kernel). O coeficiente estimado positivo e bastante diferente dos observados para os demais anos pré-rompimento, embora não seja estatisticamente significativo a 5%, é reflexo da brusca redução na taxa média de óbitos nesse grupo de comparação nesse ano, conforme observado anteriormente nos gráficos da subseção 4.2.

4.3.2 Taxa de óbitos por causas relacionadas à violência considerando apenas homens

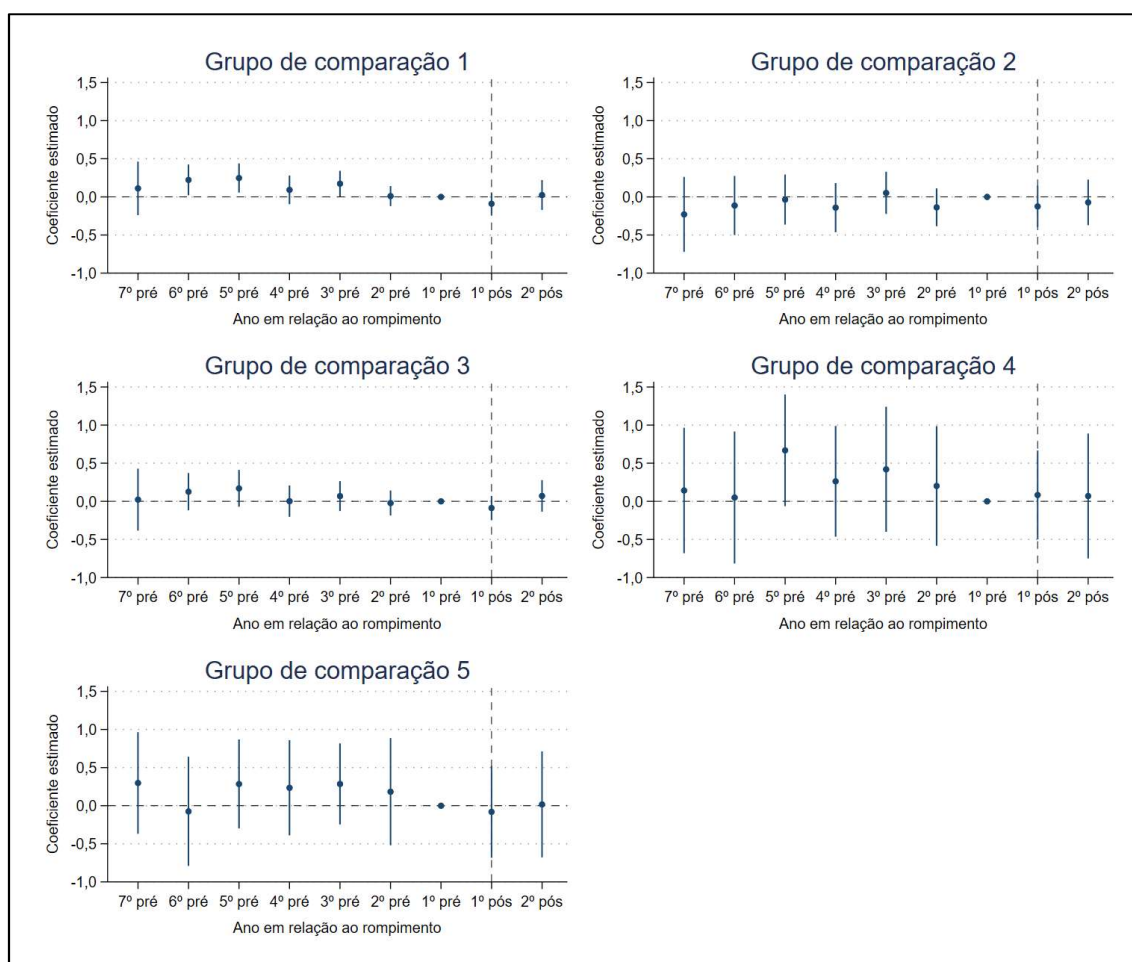
O Gráfico 6 exibe o resultado da estimação da Equação 1 quando a variável dependente é a taxa de óbitos por causas relacionadas à violência por 100 mil habitantes considerando apenas casos ocorridos entre homens. Considerando o primeiro ano pós-rompimento, verifica-se que o coeficiente estimado é negativo em quatro dos cinco modelos,⁵¹ mas nunca estatisticamente significativo ao nível de 5%, de forma que não

⁵¹ A exceção é o grupo de comparação 4, quando na análise obtém-se um coeficiente positivo para essa variável.

foram encontrados impactos do rompimento sobre a taxa de óbitos violentos de homens nesse caso no grupo atingido para esse ano.

Já para o segundo ano pós-rompimento, nota-se que o coeficiente estimado para essa variável de interesse é positivo considerando-se todos os grupos de comparação, exceto o grupo de comparação 2 (municípios vizinhos contíguos). Novamente, no entanto, essa variável não se mostra estatisticamente significativa ao nível de 5%. Dessa forma, não são encontradas evidências de efeitos do rompimento sobre criminalidade ao utilizar esse indicador de impacto (taxa de óbitos violentos entre homens) nessas especificações do modelo, resultado similar ao apresentado na subseção 4.3.1, em que não se analisam recortes demográficos específicos.

Gráfico 6 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens



Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

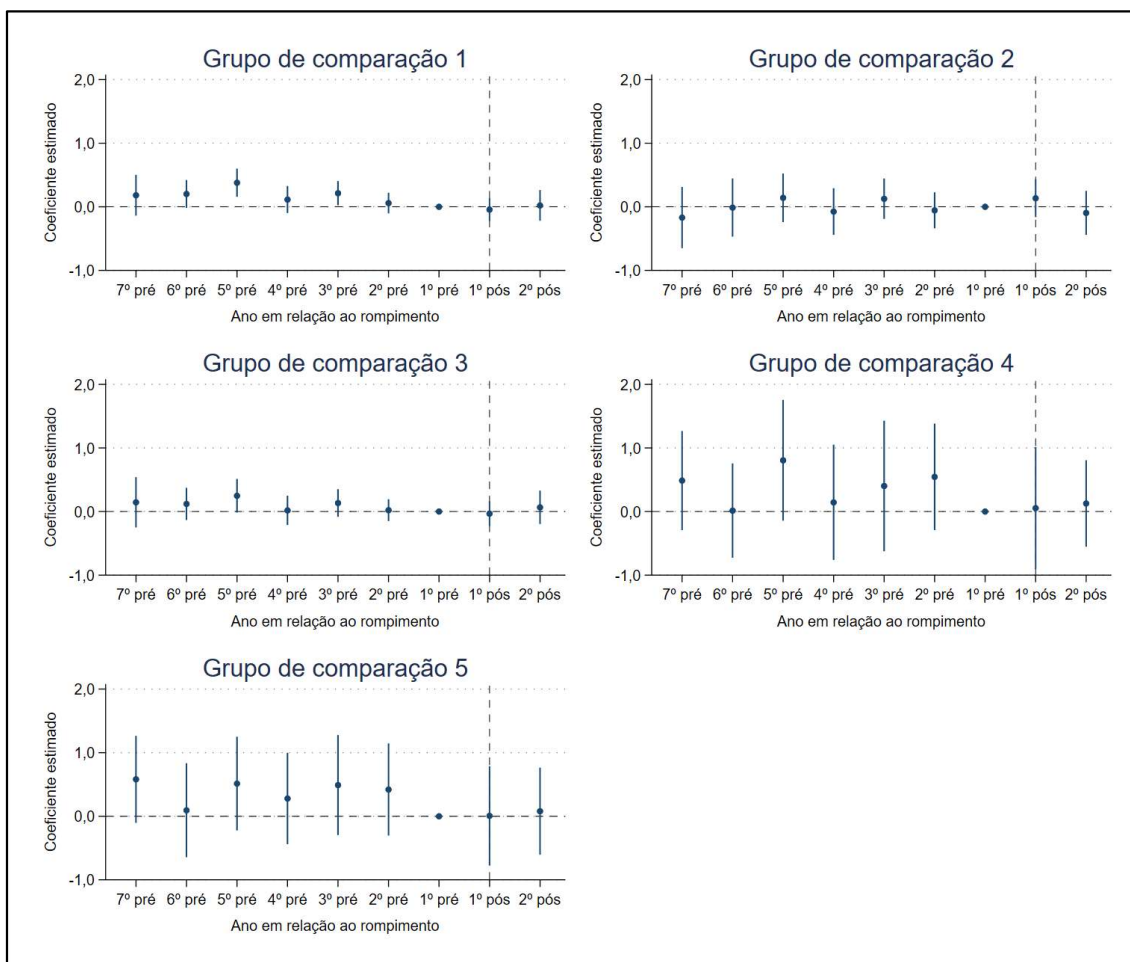
Considerando os resultados dos parâmetros que comparam a diferença entre os grupos em cada um dos anos pré-rompimento ao que o antecede imediatamente (primeiro pré),

úteis para analisar a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas no período pré-rompimento, nota-se que são também similares aos observados na subseção 4.3.1 em que não se utilizam recortes demográficos específicos. Analisando cada parâmetro individualmente, não se pode rejeitar a hipótese nula de que seriam iguais a zero na maior parte dos anos pré-rompimento e para quatro dos cinco grupos de comparação, dado o nível de significância de 5%. A exceção está nos resultados da análise que usa o grupo de comparação 1 (demais municípios em Minas Gerais e no Espírito Santo): nesse caso, o coeficiente estimado é positivo e estatisticamente significativo em vários dos anos pré-rompimento, indicando que havia diferenças entre as tendências pré-rompimento desse grupo e do grupo de comparação, o que serve de indício contrário ao uso dessa especificação e grupo de comparação, uma vez que a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas fica comprometida.

O Gráfico 7 ilustra os resultados quando se considera como variável dependente a taxa de óbitos por causas violentas de homens entre 15 e 29 anos. Esse recorte demográfico representa, na base de dados construída para este estudo, pouco mais de 50% dos óbitos associados a agressões intencionais — cerca de 27.500 dos quase 54 mil casos.⁵² Nota-se que o comportamento dos coeficientes estimados e as conclusões pouco divergem dos apresentados quando se consideram homens de todas as idades (Gráfico 6).

⁵² O mesmo padrão de proporção de óbitos referentes a esse recorte demográfico em relação ao total de óbitos pode ser visto em Cerqueira et al. (2019).

Gráfico 7 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens de 15 a 29 anos



Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

4.3.3 Taxa de óbitos por causas relacionadas à violência considerando apenas mulheres

O Gráfico 8 exibe o resultado da estimação da Equação 1 quando a variável dependente é a taxa de óbitos por causas relacionadas à violência por 100 mil habitantes considerando apenas casos ocorridos entre mulheres. Os resultados considerando apenas esse recorte populacional são muito similares aos apresentados na subseção 4.3.1, em que se consideram todas as ocorrências (sem recorte demográfico específico): não foram encontrados impactos do rompimento sobre o indicador de impacto em análise independentemente do grupo de comparação considerado e considerando o nível de 5% de significância.

Nota-se que os coeficientes estimados para os dois períodos pós-rompimento (primeiro e segundo anos pós) são negativos, mas não estatisticamente significantes, para a

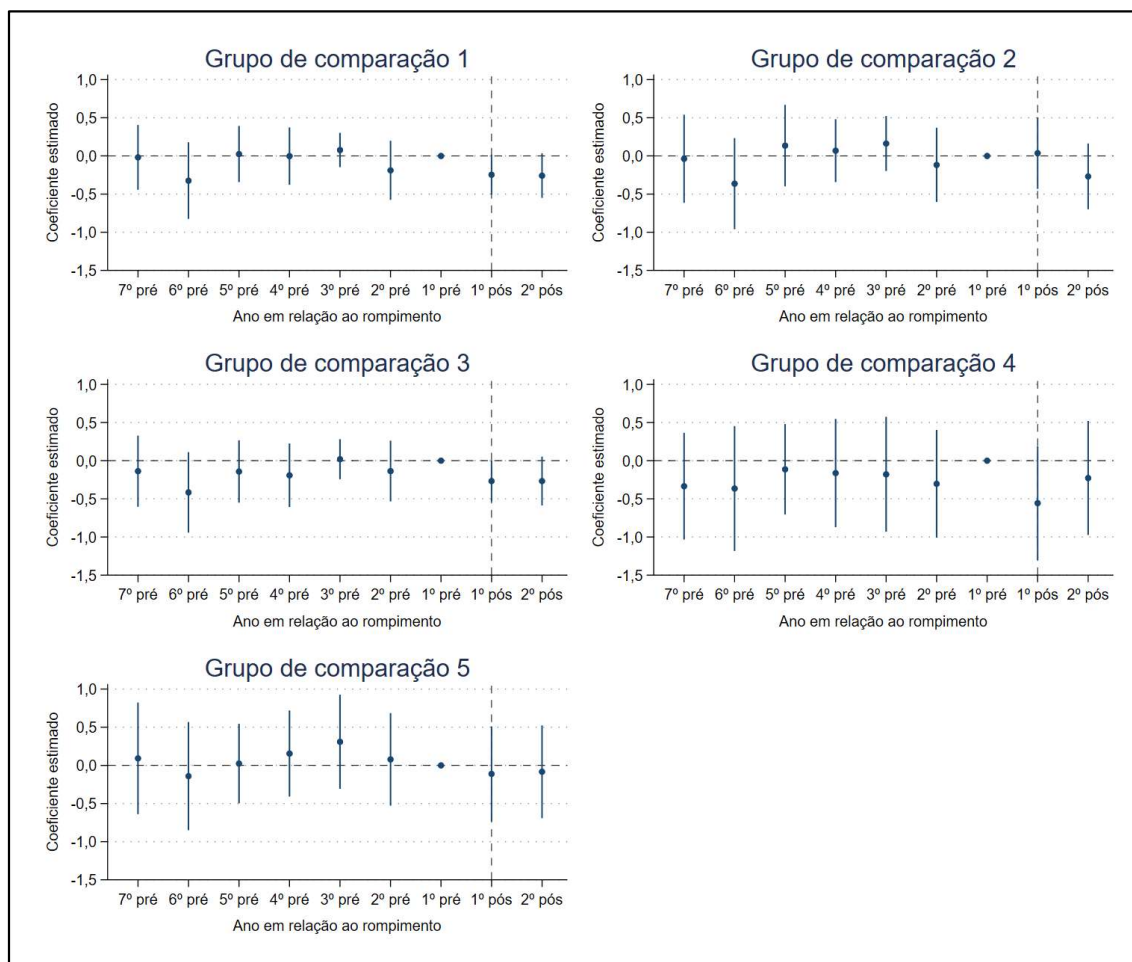
maioria dos anos e grupos de comparação considerados.⁵³ Assim, dado o nível de significância de 5%, não se pode afirmar que o verdadeiro efeito do rompimento sobre a taxa de óbitos de mulheres por causas violentas é, em média, diferente de zero sobre o grupo atingido. Cabe ressaltar que os coeficientes estimados, no entanto, variam muito a depender do grupo de comparação considerado: no primeiro ano após o rompimento, temos que o efeito varia entre uma redução de 55,6% (grupo de comparação 4) e um aumento de 3,7% (grupo de comparação 2). Para o segundo ano pós-rompimento, os resultados indicam de uma redução de 26,8% (para o grupo de comparação 2) até uma redução de 8,3% (grupo de comparação 5).

Considerando os resultados dos parâmetros que medem as diferenças entre as diferenças⁵⁴ dos grupos nos anos pré-rompimento, que são úteis para analisar a plausibilidade da hipótese de tendências paralelas no período pré-rompimento, o padrão encontrado também é similar: não se pode rejeitar a hipótese nula de que esses parâmetros seriam iguais a zero (individualmente).

⁵³ A exceção é o primeiro ano pós-rompimento considerando-se o grupo de comparação 2, caso em que o coeficiente estimado é positivo (mas não estatisticamente significativo).

⁵⁴ Ano pré em questão *versus* ano imediatamente anterior ao rompimento.

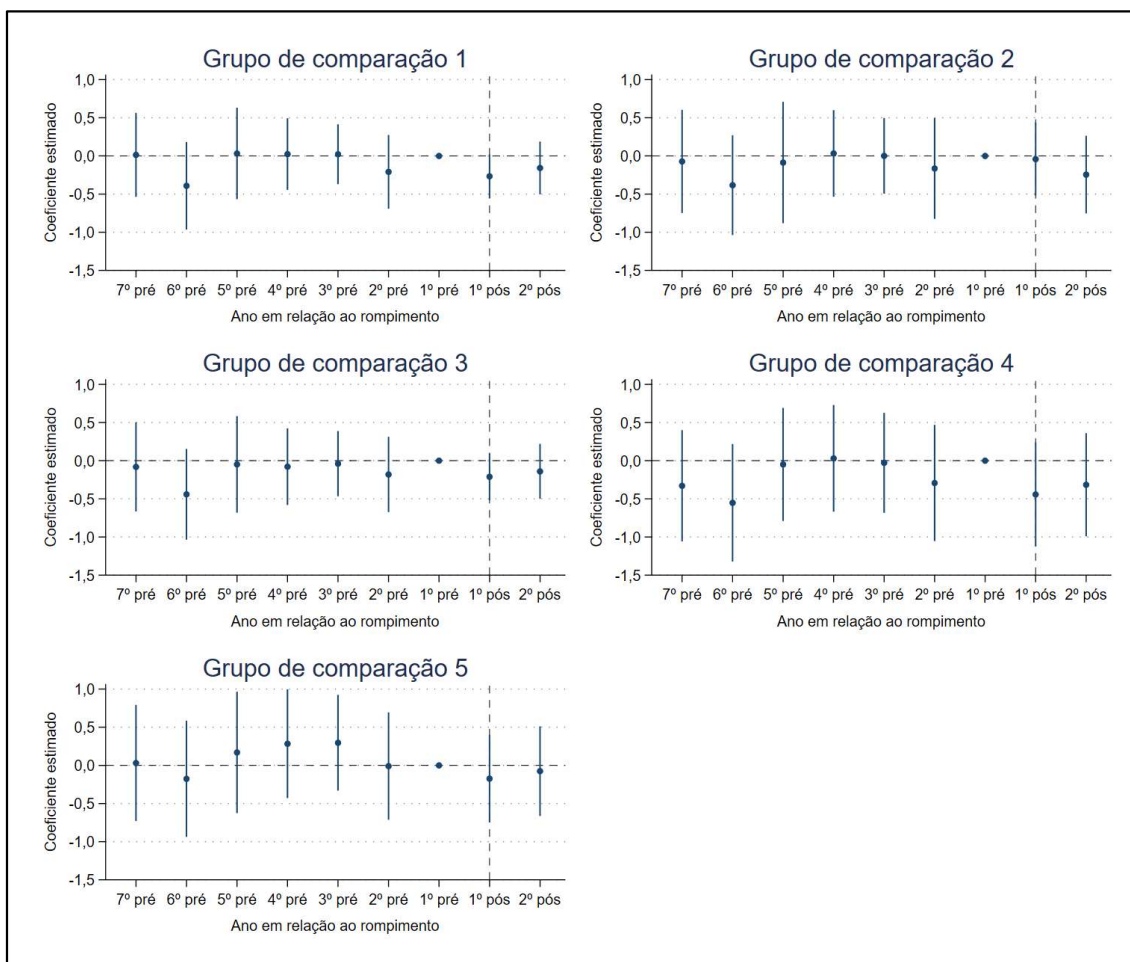
Gráfico 8 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres



Fonte: elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do SIM (DATASUS).

Ao propor outro recorte demográfico também considerando óbitos violentos de mulheres, mas apenas daquelas que tinham idade entre 15 e 29 anos, os resultados obtidos são muito similares aos encontrados quando se consideraram mulheres de todas as idades, conforme pode ser verificado no Gráfico 9.

Gráfico 9 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres de 15 a 29 anos



Fonte: elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

5 CONCLUSÃO

Este relatório consistiu em uma primeira abordagem à avaliação de impactos do rompimento da Barragem de Fundão sobre a dimensão de segurança pública dos municípios atingidos. O trabalho se concentrou na análise da taxa por 100 mil habitantes de óbitos com ao menos uma causa associada à agressão intencional, entendida como um indicador importante do nível geral de criminalidade nos municípios. Por meio do estimador de diferença-em-diferenças e de sua combinação com o método de pareamento em características observáveis, procurou-se produzir estimativas do efeito médio do rompimento sobre a taxa de óbitos dos municípios atingidos avaliada em diferentes recortes demográficos com o objetivo de tecer considerações sobre, primeiro, a existência de impacto e, na hipótese de ele ser verificado, sobre sua direção e magnitude.

De modo geral, os modelos estimados não permitem descartar a possibilidade de que o impacto médio do rompimento sobre os municípios atingidos seja igual a zero para o caso de taxas de óbitos relacionadas a causas violentas. Ressalte-se, todavia, que esses resultados não dão suporte à conclusão de que o rompimento não teve qualquer efeito sobre o nível de criminalidade nos municípios atingidos quando se consideram outros aspectos, recortes sociodemográficos e particularidades. Pelo contrário, o que se tira deste primeiro estudo é que as evidências são ainda preliminares e justificam a condução de outras investigações sobre os indicadores de impacto para segurança pública, explorando inclusive outras metodologias que consigam extrair mais informação dos dados tipicamente disponíveis para essa área. Por exemplo, Cerqueira et al. (2019) sugerem explorar, no caso de violência letal contra mulheres, outras características específicas dos óbitos para além das consideradas aqui. Segundo eles, o feminicídio poderia ser observado no SIM (DATASUS) investigando-se especificamente os óbitos de mulheres em que o local de ocorrência foi a própria residência, pois esse tipo de crime frequentemente é perpetrado por alguém íntimo da vítima. De fato, a importância de analisar os óbitos em características específicas é atestado pelos autores no artigo citado, que mostram que enquanto os óbitos de mulheres não configurados como feminicídio exibem movimento de redução no país, os feminicídios em si estão em tendência de alta.

Uma limitação das estimativas aqui apresentadas é que o parâmetro de interesse a que se referem, o efeito médio do rompimento sobre o grupo de 45 municípios atingidos, não é capaz de expressar efeitos heterogêneos que podem existir entre os municípios atingidos. Desde tamanho populacional até especialização econômica, a diversidade

encontrada nesse grupo pode ter influência determinante sobre como suas respectivas taxas de óbitos violentos respondem ao rompimento, podendo mesmo fazer com que os efeitos sobre as taxas de alguns anulem o impacto de outros, resultando em um efeito médio estatisticamente nulo (como o obtido neste relatório). Além disso, a combinação dos métodos de diferença-em-diferenças e pareamento — adotada com o propósito de mitigar as diferenças entre os grupos “atingido” e “de comparação” e eliminar fatores de influência invariantes no tempo — não consegue excluir a influência de outros fatores não observáveis que variam no tempo e podem influenciar os grupos de maneira distinta. Optando por análises focadas em grupos mais homogêneos de municípios, como aqueles com tamanho populacional semelhante ou os que tiveram proporcionalmente maiores partes de seus territórios atingidas pela lama de rejeitos, por exemplo, torna-se possível produzir estimativas específicas e possivelmente mais precisas para os mesmos, permitindo investigar, portanto, a existência de heterogeneidade nos impactos do rompimento na área de segurança pública.

Com relação aos dados utilizados, é possível que a agregação de óbitos ao nível de municípios não seja ideal, especialmente caso se considere que o impacto pode estar espacialmente concentrado em sub-regiões deles. Isso é plausível dado que não são raras as comunidades e distritos atingidos localizados em zonas rurais e/ou que estão relativamente isolados na região pela qual corre o Rio Doce. Dessa maneira, como eventuais ocorrências nessas localidades ficam agregadas às demais ocorrências dos municípios aos quais pertencem, isso poderia “diluir” o possível efeito provocado pelo rompimento específico nessas sub-regiões.⁵⁵ Ainda, a escassez de dados relacionados à qualidade da segurança pública e de outras características dos municípios que variam ao longo do tempo, limitou de maneira importante a quantidade de informação que poderia ser incorporada aos modelos e poderia tornar os grupos de comparação mais similares aos atingidos, não obstante a heterogeneidade característica destes.

Por fim, levanta-se a possibilidade de utilizar outras estratégias de modelagem de dados que têm potencial para discernir com maior precisão a existência ou não de impacto do rompimento da Barragem de Fundão sobre incidência de criminalidade nos municípios atingidos em possíveis estudos futuros. Em particular, modelos de contagem, bastante difundidos em pesquisas na área de medicina e biologia, são capazes de acomodar os dados de óbitos violentos sem que a baixa frequência seja uma limitação para a estimação de parâmetros. Com essa metodologia, seria viável, inclusive, utilizar os

⁵⁵ Utilizar recortes territoriais mais finos, entretanto, não é possível com os dados públicos do SIM (DATASUS). Ainda que fosse, a análise teria de lidar com um problema ainda mais acentuado de mudança composicional, uma vez que deslocamentos intramunicipais são ainda mais comuns que intermunicipais.

dados em periodicidade mensal, o que permitiria uma análise ainda mais detalhada da evolução da diferença entre os grupos “atingido” e “de comparação” ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

ABADIE, Alberto; IMBENS, Guido W. Notes and comments on the failure of the *bootstrap*. **Econometrica**, v. 76, n. 6, p. 1537-1557, 2008.

ATLAS. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. [S.d.a]. Disponível em: <www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/consulta/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

_____. **Metodologia**. [S.d.b]. Disponível em: <http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/metodologia/construcao-das-unidades-de-desenvolvimento-humano/>. Acesso em: 4 jun. 2019.

BLUNDELL, Richard; DIAS, Monica Costa. Alternative approaches to evaluation in empirical microeconomics. **Journal of Human Resources**, v. 44, n. 3, p. 565-640, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **A declaração de óbito**: documento necessário e importante. 3. ed. Brasília, DF: MS, 2009.

_____. Tribunal Federal Regional da 1ª Região. **Ação Civil Pública nº 0069758-61.2015.4.01.3400**. Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC). Brasília, DF: 2 mar. 2016. Disponível em: <www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/07/TTAC-FINAL.pdf>. Acesso em: 18 out. 2019.

_____. Ministério da Justiça. **Ocorrências criminais** — Sistema Sinesp. [S.d.]. Disponível em: <<http://dados.mj.gov.br/dataset/sistema-nacional-de-estatisticas-de-seguranca-publica>>. Acesso em: 19 fev. 2019.

CALIENDO, Marco, KOPEINIG, Sabine. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. **Journal of Economic Surveys**, v. 22, n. 1, p. 31-72, 2008.

CERQUEIRA, D. **Mapa dos homicídios ocultos no Brasil**. Texto para discussão IPEA nº 1.848. Brasília, DF, 2013.

_____. **Causas e consequências do crime no Brasil**. Rio de Janeiro: BNDES, 2014.

_____. et al. **Atlas da violência 2019**. Ipea, 2019. Disponível em: <www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=34784&Itemid=432>. Acesso em: 18 out. 2019.

CHIMELI, Ariaster; SOARES, Rodrigo. The use of violence in illegal markets: evidence from mahogany trade in the Brazilian Amazon. **American Economic Journal: Applied Economics** 9, n. 4, p. 30-57, 2017.

COMITÊ INTERFEDERATIVO (CIF). **Deliberação nº 58/2017**. [S.l.]: CIF, 2017.

COSTA, Francisco et al. Homicides and the age of criminal responsibility in Brazil: a density discontinuity approach. **Economia: The Journal of LACEA**, 2018.

DATASUS. **Sistema de Informações de Mortalidade**. Disponível em: <[ftp://ftp.datasus.gov.br/dissemin/publicos/](http://ftp.datasus.gov.br/dissemin/publicos/)>. Acesso em: 5 jun. 2019.

DIX-CARNEIRO, R.; SOARES, R.; ULYSSEA, G. Economic shocks and crime: evidence from the Brazilian trade liberalization. **American Economic Journal: Applied Economics** 10, n. 4, p. 158-95, 2018.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS. **Análise de Agravos Notificados às Bases do DATASUS – Parte 1**. São Paulo: FGV, 2019.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 7. ed. Harlow: Pearson, 2012.

HECKMAN, J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. **Review of Economic Studies**. v. 64, n. 4, p. 605-654, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1989. v. I. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS - RJ/DRB/Divisao_regional_v01.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS-RJ/DRB/Divisao_regional_v01.pdf)>. Acesso em: 19 nov. 2019.

_____. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?edicao=9678&t=downloads>. Acesso em: 2 maio 2019.

_____. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.a]. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/10586-pesquisa-de-informacoes-basicas-municipais.html?=&t=downloads>. Acesso em: 4 jun. 2019.

_____. **Projeções da população**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.b]. Disponível em: <www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=downloads>. Acesso em: 30 maio 2019.

_____. **Base cartográfica contínua do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.c]. Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bcim/versao_2010/bcim_v3.04_dados/shapefile/>. Acesso em: 5 jun. 2019.

_____. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias**: 2017. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100600.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2019.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems 10th Revision**, 2010. Disponível em <<https://icd.who.int/browse10/2010/en>> Acesso em: 5 dez. 2019.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

SMITH, J.; TODD, P. Does matching overcome LaLonde's critique of nonexperimental estimators? **Journal of Econometrics**, v. 125, n. 1-2, p. 305-353, 2005.

SOARES, R. Development, crime and punishment: accounting for the international differences in crime rates. **Journal of Development Economics**, v. 73, n. 1, p. 155-184, 2004.

APÊNDICE A — Tabelas suplementares da subseção 4.1

Tabela 1 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens de 15 a 29 anos

Ano em relação ao rompimento	Atingido	Comparação 1	Comparação 2	Comparação 3	Comparação 4	Comparação 5
Painel A: média						
7º ano pré-rompimento	2,768	4,488	11,280	4,982	9,566	9,679
6º ano pré-rompimento	3,146	4,344	9,719	4,877	10,422	11,615
5º ano pré-rompimento	3,918	4,242	8,991	5,444	9,265	9,924
4º ano pré-rompimento	3,535	4,936	10,632	6,288	10,993	10,462
3º ano pré-rompimento	2,666	5,032	9,841	5,321	10,961	10,466
2º ano pré-rompimento	3,474	5,476	11,017	5,836	9,029	10,060
1º ano pré-rompimento	3,589	5,988	10,098	7,573	9,575	10,480
1º ano pós-rompimento	1,337	6,337	8,768	6,867	9,839	10,139
2º ano pós-rompimento	4,407	6,610	12,333	7,901	9,857	10,282
Painel B: mediana						
7º ano pré-rompimento	0	0	3,597	0	0	0
6º ano pré-rompimento	0	0	0	0	5,669	5,617
5º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	1,953
4º ano pré-rompimento	0	0	4,728	0	7,858	4,330
3º ano pré-rompimento	0	0	4,743	0	5,163	1,177
2º ano pré-rompimento	0	0	6,626	0	1,886	5,484
1º ano pré-rompimento	1,102	0	6,063	0	7,724	8,240
1º ano pós-rompimento	0	0	5,400	0	8,363	8,139
2º ano pós-rompimento	1,149	0	6,794	0	7,777	7,777
Painel C: desvio padrão						
7º ano pré-rompimento	5,849	9,007	16,481	9,458	13,402	14,802
6º ano pré-rompimento	7,780	8,715	16,125	8,779	11,601	16,000
5º ano pré-rompimento	5,811	8,855	13,005	10,727	12,705	13,432
4º ano pré-rompimento	6,387	9,865	14,708	11,507	12,253	12,712
3º ano pré-rompimento	3,487	9,429	13,209	9,797	12,511	13,164
2º ano pré-rompimento	5,802	9,547	13,947	10,340	11,077	12,105
1º ano pré-rompimento	5,789	10,086	12,514	12,342	10,377	11,409
1º ano pós-rompimento	2,494	10,489	10,653	10,484	10,302	11,273
2º ano pós-rompimento	7,600	10,817	15,731	11,579	11,428	11,837

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

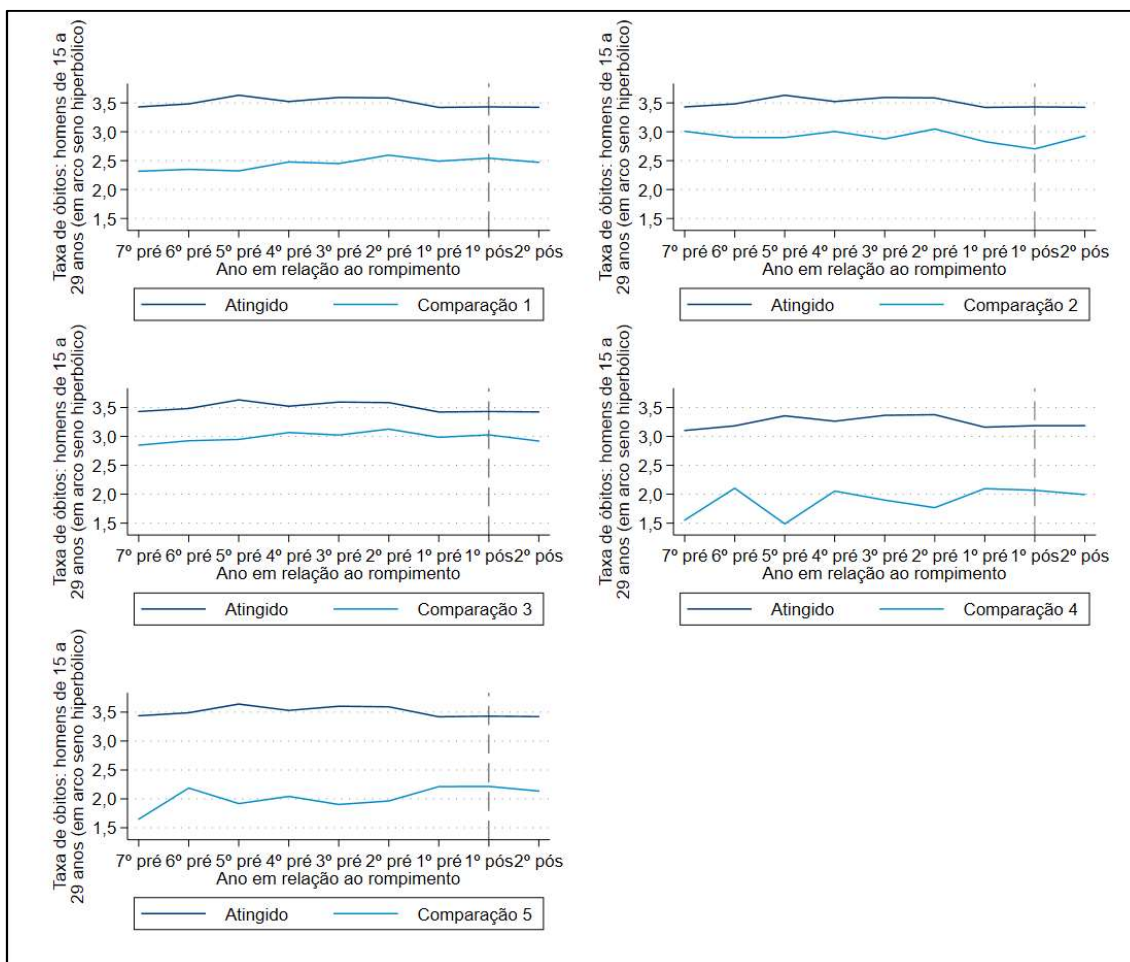
Tabela 2 — Estatísticas descritivas: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres de 15 a 29 anos

Ano em relação ao rompimento	Atingido	Comparação 1	Comparação 2	Comparação 3	Comparação 4	Comparação 5
Painel A: média						
7º ano pré-rompimento	0,984	0,678	1,003	0,690	1,333	1,256
6º ano pré-rompimento	0,900	0,478	0,811	0,400	0,671	0,766
5º ano pré-rompimento	1,696	0,614	1,265	0,806	0,822	1,085
4º ano pré-rompimento	1,032	0,507	0,984	0,452	0,648	0,779
3º ano pré-rompimento	1,103	0,520	0,747	0,433	0,773	0,680
2º ano pré-rompimento	0,968	0,592	0,565	0,602	0,659	0,584
1º ano pré-rompimento	1,120	0,573	1,384	0,386	0,599	1,321
1º ano pós-rompimento	0,515	0,522	0,468	0,634	1,215	0,835
2º ano pós-rompimento	2,251	0,556	0,551	0,824	1,118	0,720
Painel B: mediana						
7º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
6º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
5º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
4º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
3º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
2º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
1º ano pré-rompimento	0	0	0	0	0	0
1º ano pós-rompimento	0	0	0	0	0	0
2º ano pós-rompimento	0	0	0	0	0	0
Painel C: desvio padrão						
7º ano pré-rompimento	2,509	2,830	3,389	2,699	3,080	3,383
6º ano pré-rompimento	2,697	1,837	2,387	1,464	1,524	1,795
5º ano pré-rompimento	3,895	2,659	3,757	3,373	1,896	2,892
4º ano pré-rompimento	2,589	2,090	2,298	1,846	1,434	1,797
3º ano pré-rompimento	1,857	2,182	2,140	1,932	1,544	1,750
2º ano pré-rompimento	3,087	2,291	2,352	2,357	1,566	1,665
1º ano pré-rompimento	2,060	2,478	4,202	1,246	1,172	4,135
1º ano pós-rompimento	1,265	2,231	1,895	2,733	2,971	2,920
2º ano pós-rompimento	5,908	2,653	1,877	3,585	3,694	2,420

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

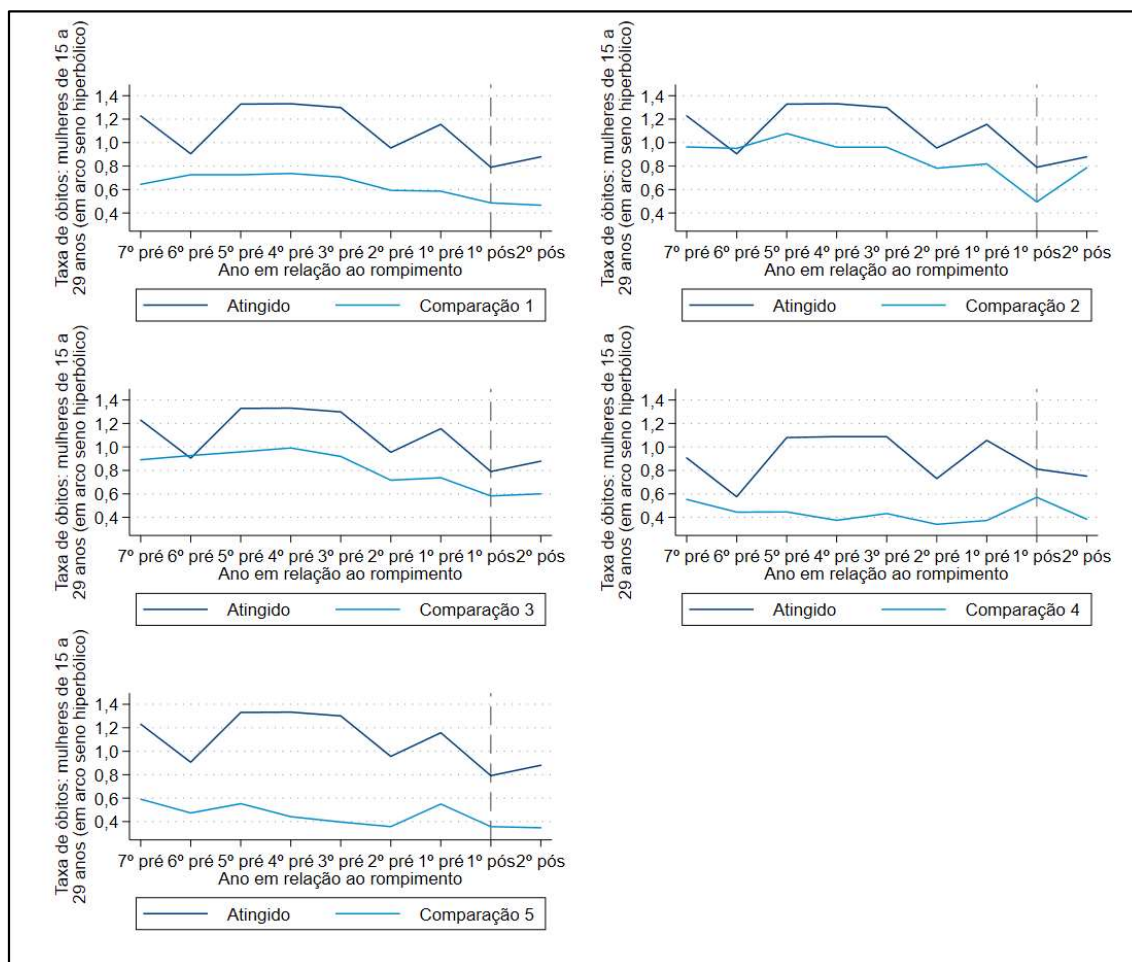
APÊNDICE B — Gráficos suplementares da subseção 4.2

Gráfico 1 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens de 15 a 29 anos



Fonte: Elaborado pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Gráfico 2 — Evolução ao longo do tempo: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres de 15 a 29 anos



Fonte: Elaborado pelos autores (2019) com base nos dados do SIM (DATASUS).

APÊNDICE C — Tabelas de resultados apresentados na subseção 4.3

Tabela 1 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência

Grupo de comparação 1 (8.379 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,077	0,185	-0,285	0,440
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,193	0,101	-0,006	0,391
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,241	0,098	0,047	0,434
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,101	0,097	-0,089	0,292
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,160	0,082	-0,001	0,320
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,014	0,066	-0,144	0,115
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,098	0,072	-0,239	0,042
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,005	0,096	-0,183	0,193
7º ano pré-rompimento	-0,208	0,072	-0,350	-0,066
6º ano pré-rompimento	-0,181	0,058	-0,296	-0,067
5º ano pré-rompimento	-0,135	0,063	-0,259	-0,012
4º ano pré-rompimento	-0,038	0,056	-0,148	0,072
3º ano pré-rompimento	-0,073	0,055	-0,181	0,035
2º ano pré-rompimento	0,035	0,042	-0,047	0,117
1º ano pós-rompimento	-0,021	0,032	-0,083	0,042
2º ano pós-rompimento	-0,032	0,037	-0,104	0,040

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,227	0,244	-0,710	0,256
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,048	0,203	-0,449	0,353
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,025	0,173	-0,318	0,367
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,052	0,157	-0,362	0,259
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,089	0,130	-0,167	0,345
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,097	0,132	-0,359	0,164
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,025	0,125	-0,273	0,223
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,037	0,135	-0,305	0,230
7º ano pré-rompimento	0,096	0,174	-0,248	0,440
6º ano pré-rompimento	0,059	0,185	-0,306	0,425
5º ano pré-rompimento	0,080	0,155	-0,227	0,387
4º ano pré-rompimento	0,115	0,135	-0,152	0,382
3º ano pré-rompimento	-0,002	0,114	-0,228	0,224
2º ano pré-rompimento	0,118	0,121	-0,122	0,358
1º ano pós-rompimento	-0,094	0,107	-0,307	0,118
2º ano pós-rompimento	0,010	0,102	-0,191	0,212

Grupo de comparação 3 (2.871 obs.)	Estimativa pontual	Erro-padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,023	0,211	-0,437	0,392
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,116	0,124	-0,128	0,359
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,151	0,125	-0,095	0,397
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,012	0,110	-0,204	0,228
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,067	0,098	-0,126	0,259
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,032	0,082	-0,194	0,129
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,102	0,076	-0,251	0,047
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,037	0,100	-0,159	0,233
7º ano pré-rompimento	-0,108	0,124	-0,352	0,135
6º ano pré-rompimento	-0,104	0,092	-0,286	0,077
5º ano pré-rompimento	-0,046	0,099	-0,241	0,149
4º ano pré-rompimento	0,051	0,076	-0,098	0,200
3º ano pré-rompimento	0,020	0,077	-0,131	0,171
2º ano pré-rompimento	0,053	0,064	-0,072	0,179
1º ano pós-rompimento	-0,018	0,040	-0,096	0,061
2º ano pós-rompimento	-0,064	0,045	-0,153	0,025

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,085	0,367	-0,634	0,804
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,106	0,455	-0,786	0,998
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,704	0,386	-0,053	1,461
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,305	0,367	-0,415	1,025
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,425	0,430	-0,418	1,268
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,144	0,388	-0,617	0,906
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,035	0,288	-0,530	0,600
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,082	0,424	-0,749	0,913
7º ano pré-rompimento	-0,331	0,350	-1,017	0,355
6º ano pré-rompimento	-0,132	0,447	-1,008	0,743
5º ano pré-rompimento	-0,654	0,388	-1,413	0,106
4º ano pré-rompimento	-0,275	0,362	-0,985	0,435
3º ano pré-rompimento	-0,346	0,429	-1,187	0,496
2º ano pré-rompimento	-0,124	0,380	-0,869	0,622
1º ano pós-rompimento	-0,157	0,279	-0,704	0,390
2º ano pós-rompimento	-0,099	0,407	-0,897	0,698

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,347	0,340	-0,318	1,013
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,101	0,323	-0,532	0,735
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,342	0,299	-0,244	0,929
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,336	0,321	-0,294	0,965
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,459	0,308	-0,144	1,063
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,327	0,322	-0,304	0,958

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,073	0,254	-0,426	0,571
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,145	0,305	-0,453	0,743
7º ano pré-rompimento	-0,468	0,314	-1,084	0,148
6º ano pré-rompimento	-0,079	0,320	-0,706	0,547
5º ano pré-rompimento	-0,236	0,297	-0,818	0,346
4º ano pré-rompimento	-0,273	0,313	-0,885	0,340
3º ano pré-rompimento	-0,373	0,300	-0,961	0,216
2º ano pré-rompimento	-0,306	0,316	-0,926	0,313
1º ano pós-rompimento	-0,191	0,242	-0,665	0,282
2º ano pós-rompimento	-0,171	0,289	-0,738	0,396

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Regressões são ponderadas pela população municipal em 2010. "I. C." é abreviação para intervalo de confiança.

Tabela 2 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens

Grupo de comparação 1 (8.379 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,112	0,179	-0,239	0,464
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,223	0,103	0,021	0,426
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,248	0,097	0,057	0,439
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,092	0,095	-0,095	0,279
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,174	0,086	0,005	0,342
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,011	0,067	-0,121	0,143
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,090	0,075	-0,237	0,058
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,025	0,100	-0,171	0,221
7º ano pré-rompimento	-0,238	0,072	-0,380	-0,095
6º ano pré-rompimento	-0,214	0,059	-0,330	-0,098
5º ano pré-rompimento	-0,154	0,061	-0,273	-0,034
4º ano pré-rompimento	-0,052	0,054	-0,159	0,054
3º ano pré-rompimento	-0,095	0,057	-0,206	0,016
2º ano pré-rompimento	0,027	0,044	-0,058	0,113
1º ano pós-rompimento	-0,002	0,032	-0,066	0,062
2º ano pós-rompimento	-0,024	0,039	-0,099	0,052

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,229	0,249	-0,721	0,263
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,113	0,196	-0,501	0,275
Atingido no 5º ano pré-rompimento	-0,035	0,166	-0,364	0,293
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,141	0,163	-0,463	0,182

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,053	0,140	-0,224	0,329
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,137	0,126	-0,385	0,112
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,125	0,137	-0,396	0,147
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,072	0,151	-0,370	0,227
7º ano pré-rompimento	0,104	0,186	-0,264	0,472
6º ano pré-rompimento	0,123	0,176	-0,226	0,471
5º ano pré-rompimento	0,129	0,147	-0,162	0,421
4º ano pré-rompimento	0,180	0,143	-0,102	0,462
3º ano pré-rompimento	0,026	0,124	-0,219	0,271
2º ano pré-rompimento	0,175	0,114	-0,052	0,401
1º ano pós-rompimento	0,033	0,119	-0,202	0,269
2º ano pós-rompimento	0,073	0,119	-0,162	0,308

Grupo de comparação 3 (2.871 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,022	0,207	-0,384	0,429
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,126	0,124	-0,118	0,370
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,170	0,123	-0,071	0,411
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,003	0,105	-0,203	0,208
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,069	0,100	-0,127	0,265
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,023	0,083	-0,187	0,142
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,088	0,080	-0,246	0,070
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,071	0,105	-0,136	0,278
7º ano pré-rompimento	-0,148	0,126	-0,395	0,099
6º ano pré-rompimento	-0,116	0,091	-0,295	0,062
5º ano pré-rompimento	-0,076	0,096	-0,265	0,113
4º ano pré-rompimento	0,037	0,069	-0,098	0,173
3º ano pré-rompimento	0,010	0,076	-0,139	0,159
2º ano pré-rompimento	0,061	0,066	-0,069	0,190
1º ano pós-rompimento	-0,004	0,043	-0,088	0,081
2º ano pós-rompimento	-0,070	0,050	-0,169	0,028

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,142	0,420	-0,681	0,965
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,050	0,442	-0,816	0,915
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,669	0,374	-0,063	1,401
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,262	0,370	-0,464	0,988
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,420	0,419	-0,401	1,240
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,202	0,400	-0,583	0,986
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,083	0,297	-0,499	0,666
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,069	0,418	-0,750	0,889
7º ano pré-rompimento	-0,365	0,394	-1,137	0,407
6º ano pré-rompimento	-0,076	0,438	-0,935	0,782

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
5º ano pré-rompimento	-0,628	0,370	-1,354	0,098
4º ano pré-rompimento	-0,239	0,363	-0,950	0,472
3º ano pré-rompimento	-0,340	0,413	-1,148	0,469
2º ano pré-rompimento	-0,155	0,392	-0,922	0,613
1º ano pós-rompimento	-0,174	0,287	-0,736	0,388
2º ano pós-rompimento	-0,053	0,399	-0,836	0,729

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,298	0,340	-0,369	0,965
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,074	0,366	-0,791	0,642
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,285	0,298	-0,298	0,869
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,235	0,318	-0,388	0,859
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,286	0,271	-0,245	0,817
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,184	0,359	-0,519	0,887
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,080	0,307	-0,683	0,522
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,017	0,354	-0,678	0,712
7º ano pré-rompimento	-0,413	0,305	-1,010	0,184
6º ano pré-rompimento	0,095	0,363	-0,617	0,806
5º ano pré-rompimento	-0,189	0,294	-0,765	0,387
4º ano pré-rompimento	-0,196	0,306	-0,795	0,403
3º ano pré-rompimento	-0,207	0,259	-0,714	0,300
2º ano pré-rompimento	-0,145	0,355	-0,841	0,552
1º ano pós-rompimento	-0,011	0,300	-0,599	0,578
2º ano pós-rompimento	-0,014	0,337	-0,674	0,647

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: A especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros-padrão robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Regressões são ponderadas pela parte da população municipal que em 2010 era composta por homens. "I. C." é abreviação para intervalo de confiança.

Tabela 3 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre homens de 15 a 29 anos

Grupo de comparação 1 (8.379 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,182	0,164	-0,139	0,503
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,202	0,112	-0,017	0,421
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,379	0,113	0,157	0,600
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,114	0,108	-0,099	0,327
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,214	0,097	0,024	0,404
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,059	0,083	-0,104	0,221
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,044	0,092	-0,223	0,136
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,021	0,123	-0,220	0,263

Grupo de comparação 1 (8.379 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
7º ano pré-rompimento	-0,174	0,078	-0,326	-0,021
6º ano pré-rompimento	-0,142	0,058	-0,256	-0,027
5º ano pré-rompimento	-0,168	0,070	-0,306	-0,031
4º ano pré-rompimento	-0,013	0,059	-0,128	0,101
3º ano pré-rompimento	-0,041	0,058	-0,156	0,073
2º ano pré-rompimento	0,105	0,045	0,016	0,193
1º ano pós-rompimento	0,052	0,040	-0,026	0,131
2º ano pós-rompimento	-0,020	0,050	-0,118	0,078

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,170	0,243	-0,651	0,312
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,012	0,232	-0,470	0,447
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,141	0,193	-0,241	0,524
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,075	0,186	-0,442	0,293
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,127	0,161	-0,191	0,444
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,055	0,144	-0,339	0,229
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,135	0,150	-0,163	0,432
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,096	0,175	-0,441	0,250
7º ano pré-rompimento	0,178	0,195	-0,208	0,564
6º ano pré-rompimento	0,072	0,211	-0,345	0,489
5º ano pré-rompimento	0,069	0,172	-0,270	0,408
4º ano pré-rompimento	0,176	0,161	-0,144	0,495
3º ano pré-rompimento	0,046	0,140	-0,232	0,324
2º ano pré-rompimento	0,219	0,125	-0,030	0,467
1º ano pós-rompimento	-0,126	0,125	-0,374	0,122
2º ano pós-rompimento	0,097	0,133	-0,165	0,360

Grupo de comparação 3 (2.871 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,146	0,201	-0,250	0,541
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,120	0,129	-0,134	0,374
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,248	0,134	-0,016	0,512
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,018	0,117	-0,212	0,249
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,134	0,110	-0,083	0,351
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,022	0,088	-0,151	0,194
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,033	0,099	-0,228	0,162
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,066	0,133	-0,196	0,329
7º ano pré-rompimento	-0,137	0,140	-0,412	0,138
6º ano pré-rompimento	-0,059	0,087	-0,230	0,111
5º ano pré-rompimento	-0,038	0,101	-0,236	0,161
4º ano pré-rompimento	0,082	0,073	-0,061	0,226
3º ano pré-rompimento	0,038	0,078	-0,116	0,192
2º ano pré-rompimento	0,142	0,053	0,036	0,247
1º ano pós-rompimento	0,042	0,055	-0,067	0,150
2º ano pós-rompimento	-0,065	0,071	-0,205	0,075

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,487	0,397	-0,292	1,266
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,015	0,378	-0,727	0,756
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,805	0,485	-0,144	1,755
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,144	0,462	-0,761	1,050
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,402	0,524	-0,624	1,429
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,545	0,428	-0,293	1,383
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,054	0,490	-0,907	1,014
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,127	0,347	-0,553	0,807
7º ano pré-rompimento	-0,544	0,361	-1,252	0,164
6º ano pré-rompimento	0,008	0,366	-0,709	0,725
5º ano pré-rompimento	-0,609	0,474	-1,537	0,319
4º ano pré-rompimento	-0,042	0,450	-0,923	0,840
3º ano pré-rompimento	-0,197	0,510	-1,198	0,803
2º ano pré-rompimento	-0,329	0,424	-1,160	0,502
1º ano pós-rompimento	-0,028	0,484	-0,976	0,920
2º ano pós-rompimento	-0,103	0,318	-0,725	0,520

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,581	0,349	-0,103	1,265
Atingido no 6º ano pré-rompimento	0,094	0,377	-0,645	0,834
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,513	0,376	-0,223	1,250
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,279	0,366	-0,438	0,997
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,490	0,401	-0,296	1,276
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,421	0,370	-0,304	1,146
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,007	0,398	-0,774	0,787
Atingido no 2º ano pós-rompimento	0,080	0,350	-0,606	0,765
7º ano pré-rompimento	-0,564	0,308	-1,167	0,040
6º ano pré-rompimento	-0,025	0,358	-0,727	0,678
5º ano pré-rompimento	-0,294	0,360	-1,000	0,412
4º ano pré-rompimento	-0,169	0,345	-0,845	0,506
3º ano pré-rompimento	-0,308	0,380	-1,054	0,437
2º ano pré-rompimento	-0,248	0,364	-0,963	0,466
1º ano pós-rompimento	0,003	0,387	-0,755	0,761
2º ano pós-rompimento	-0,077	0,314	-0,693	0,539

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Regressões são ponderadas pela parte da população municipal que em 2010 era composta por homens entre 15 e 29 anos. "I. C." é abreviação para intervalo de confiança.

Tabela 4 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres

Grupo de comparação 1 (8.379 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C (95%)	Limite superior I. C (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,019	0,216	-0,443	0,406
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,324	0,256	-0,826	0,178
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,025	0,187	-0,342	0,393
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,002	0,192	-0,378	0,374
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,078	0,115	-0,147	0,303
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,188	0,197	-0,575	0,198
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,246	0,133	-0,507	0,015
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,258	0,149	-0,550	0,034
7º ano pré-rompimento	0,034	0,073	-0,111	0,178
6º ano pré-rompimento	0,088	0,064	-0,038	0,214
5º ano pré-rompimento	0,101	0,079	-0,054	0,257
4º ano pré-rompimento	0,106	0,080	-0,052	0,264
3º ano pré-rompimento	0,098	0,056	-0,012	0,208
2º ano pré-rompimento	0,009	0,048	-0,085	0,103
1º ano pós-rompimento	-0,095	0,052	-0,197	0,006
2º ano pós-rompimento	-0,051	0,053	-0,155	0,053

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C (95%)	Limite superior I. C (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,037	0,292	-0,614	0,540
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,363	0,302	-0,961	0,234
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,135	0,270	-0,398	0,669
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,069	0,208	-0,343	0,482
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,163	0,182	-0,197	0,523
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,118	0,246	-0,604	0,369
Atingido no 1º ano pós-rompimento	0,037	0,237	-0,433	0,506
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,268	0,218	-0,699	0,162
7º ano pré-rompimento	0,052	0,207	-0,358	0,462
6º ano pré-rompimento	0,127	0,169	-0,208	0,462
5º ano pré-rompimento	-0,009	0,208	-0,420	0,403
4º ano pré-rompimento	0,035	0,112	-0,188	0,257
3º ano pré-rompimento	0,013	0,151	-0,287	0,312
2º ano pré-rompimento	-0,062	0,152	-0,363	0,240
1º ano pós-rompimento	-0,378	0,202	-0,779	0,023
2º ano pós-rompimento	-0,041	0,167	-0,370	0,289

Grupo de comparação 3 (2.871 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C (95%)	Limite superior I. C (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,138	0,237	-0,604	0,328
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,415	0,268	-0,943	0,113
Atingido no 5º ano pré-rompimento	-0,142	0,208	-0,551	0,266

Grupo de comparação 3 (2.871 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,192	0,212	-0,609	0,225
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,019	0,133	-0,243	0,281
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,136	0,202	-0,534	0,262
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,267	0,137	-0,536	0,002
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,267	0,163	-0,587	0,052
7º ano pré-rompimento	0,153	0,120	-0,084	0,389
6º ano pré-rompimento	0,179	0,102	-0,021	0,379
5º ano pré-rompimento	0,269	0,119	0,035	0,503
4º ano pré-rompimento	0,296	0,120	0,059	0,532
3º ano pré-rompimento	0,157	0,088	-0,016	0,330
2º ano pré-rompimento	-0,043	0,065	-0,171	0,085
1º ano pós-rompimento	-0,075	0,060	-0,193	0,044
2º ano pós-rompimento	-0,042	0,084	-0,206	0,122

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,335	0,357	-1,034	0,365
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,365	0,417	-1,183	0,453
Atingido no 5º ano pré-rompimento	-0,113	0,303	-0,706	0,480
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,162	0,362	-0,871	0,547
Atingido no 3º ano pré-rompimento	-0,179	0,384	-0,932	0,574
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,303	0,360	-1,008	0,403
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,556	0,380	-1,301	0,188
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,227	0,381	-0,974	0,520
7º ano pré-rompimento	0,171	0,302	-0,420	0,762
6º ano pré-rompimento	-0,029	0,289	-0,595	0,537
5º ano pré-rompimento	0,147	0,230	-0,304	0,598
4º ano pré-rompimento	0,158	0,292	-0,413	0,730
3º ano pré-rompimento	0,270	0,382	-0,479	1,018
2º ano pré-rompimento	0,016	0,284	-0,540	0,573
1º ano pós-rompimento	0,210	0,349	-0,474	0,895
2º ano pós-rompimento	-0,078	0,327	-0,720	0,563

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,092	0,373	-0,640	0,824
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,141	0,362	-0,850	0,568
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,024	0,266	-0,497	0,546
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,155	0,288	-0,409	0,720
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,309	0,315	-0,308	0,927
Atingido no 2º ano pré-rompimento	0,078	0,309	-0,528	0,685
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,111	0,318	-0,733	0,511
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,083	0,310	-0,691	0,525

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
7º ano pré-rompimento	-0,077	0,309	-0,683	0,529
6º ano pré-rompimento	-0,096	0,253	-0,592	0,401
5º ano pré-rompimento	0,094	0,179	-0,257	0,446
4º ano pré-rompimento	-0,051	0,214	-0,471	0,369
3º ano pré-rompimento	-0,133	0,288	-0,699	0,432
2º ano pré-rompimento	-0,266	0,226	-0,709	0,176
1º ano pós-rompimento	-0,231	0,280	-0,779	0,317
2º ano pós-rompimento	-0,235	0,273	-0,769	0,300

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros padrões robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Regressões são ponderadas pela parte da população municipal que em 2010 era composta por mulheres. "I. C." é abreviação para intervalo de confiança.

Tabela 5 — Resultados ano a ano: taxa de óbitos devido a causas relacionadas à violência, apenas entre mulheres de 15 a 29 anos

Grupo de comparação 1 (8.379 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,014	0,281	-0,537	0,565
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,391	0,292	-0,965	0,182
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,032	0,305	-0,567	0,632
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,024	0,239	-0,445	0,494
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,022	0,200	-0,370	0,415
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,208	0,246	-0,691	0,275
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,266	0,146	-0,552	0,020
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,157	0,176	-0,504	0,189
7º ano pré-rompimento	0,058	0,073	-0,084	0,201
6º ano pré-rompimento	0,140	0,053	0,036	0,244
5º ano pré-rompimento	0,140	0,072	-0,001	0,281
4º ano pré-rompimento	0,151	0,068	0,018	0,284
3º ano pré-rompimento	0,120	0,062	-0,001	0,241
2º ano pré-rompimento	0,007	0,045	-0,081	0,095
1º ano pós-rompimento	-0,100	0,048	-0,194	-0,005
2º ano pós-rompimento	-0,120	0,042	-0,203	-0,036

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,072	0,342	-0,748	0,604
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,383	0,331	-1,037	0,271
Atingido no 5º ano pré-rompimento	-0,087	0,402	-0,882	0,709
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,033	0,287	-0,534	0,601
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,001	0,251	-0,495	0,497

Grupo de comparação 2 (1.179 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,164	0,334	-0,826	0,497
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,041	0,243	-0,522	0,439
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,244	0,257	-0,753	0,264
7º ano pré-rompimento	0,144	0,205	-0,260	0,549
6º ano pré-rompimento	0,132	0,159	-0,182	0,446
5º ano pré-rompimento	0,259	0,268	-0,272	0,790
4º ano pré-rompimento	0,142	0,169	-0,193	0,478
3º ano pré-rompimento	0,142	0,162	-0,178	0,461
2º ano pré-rompimento	-0,037	0,228	-0,489	0,415
1º ano pós-rompimento	-0,324	0,200	-0,719	0,071
2º ano pós-rompimento	-0,033	0,190	-0,409	0,344

Grupo de comparação 3 (2.871 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,082	0,297	-0,666	0,503
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,441	0,302	-1,035	0,154
Atingido no 5º ano pré-rompimento	-0,049	0,322	-0,681	0,584
Atingido no 4º ano pré-rompimento	-0,079	0,255	-0,581	0,423
Atingido no 3º ano pré-rompimento	-0,039	0,217	-0,467	0,388
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,181	0,251	-0,675	0,313
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,211	0,157	-0,519	0,097
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,140	0,183	-0,500	0,220
7º ano pré-rompimento	0,154	0,119	-0,081	0,389
6º ano pré-rompimento	0,190	0,090	0,012	0,367
5º ano pré-rompimento	0,221	0,122	-0,018	0,460
4º ano pré-rompimento	0,254	0,110	0,037	0,471
3º ano pré-rompimento	0,182	0,105	-0,024	0,388
2º ano pré-rompimento	-0,020	0,064	-0,146	0,105
1º ano pós-rompimento	-0,154	0,074	-0,301	-0,008
2º ano pós-rompimento	-0,137	0,063	-0,261	-0,012

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	-0,330	0,372	-1,059	0,400
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,552	0,393	-1,322	0,218
Atingido no 5º ano pré-rompimento	-0,049	0,378	-0,790	0,691
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,030	0,357	-0,669	0,730
Atingido no 3º ano pré-rompimento	-0,029	0,334	-0,684	0,627
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,293	0,388	-1,054	0,469
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,443	0,348	-1,125	0,240
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,316	0,345	-0,992	0,361
7º ano pré-rompimento	0,180	0,268	-0,345	0,704
6º ano pré-rompimento	0,071	0,180	-0,282	0,424
5º ano pré-rompimento	0,073	0,129	-0,179	0,326
4º ano pré-rompimento	0,002	0,220	-0,429	0,432

Grupo de comparação 4 (2.304 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
3º ano pré-rompimento	0,059	0,246	-0,422	0,541
2º ano pré-rompimento	-0,033	0,261	-0,543	0,478
1º ano pós-rompimento	0,198	0,321	-0,432	0,828
2º ano pós-rompimento	0,011	0,254	-0,487	0,508

Grupo de comparação 5 (3.159 obs.)	Estimativa pontual	Erro padrão	Limite inferior I. C. (95%)	Limite superior I. C. (95%)
Atingido no 7º ano pré-rompimento	0,031	0,388	-0,730	0,792
Atingido no 6º ano pré-rompimento	-0,176	0,388	-0,937	0,585
Atingido no 5º ano pré-rompimento	0,170	0,406	-0,626	0,965
Atingido no 4º ano pré-rompimento	0,284	0,363	-0,429	0,996
Atingido no 3º ano pré-rompimento	0,296	0,320	-0,330	0,923
Atingido no 2º ano pré-rompimento	-0,009	0,359	-0,713	0,695
Atingido no 1º ano pós-rompimento	-0,173	0,293	-0,747	0,400
Atingido no 2º ano pós-rompimento	-0,075	0,300	-0,664	0,513
7º ano pré-rompimento	0,041	0,302	-0,551	0,633
6º ano pré-rompimento	-0,076	0,241	-0,547	0,395
5º ano pré-rompimento	0,003	0,260	-0,506	0,512
4º ano pré-rompimento	-0,108	0,254	-0,606	0,390
3º ano pré-rompimento	-0,153	0,234	-0,612	0,305
2º ano pré-rompimento	-0,193	0,247	-0,677	0,291
1º ano pós-rompimento	-0,193	0,263	-0,709	0,324
2º ano pós-rompimento	-0,202	0,226	-0,645	0,241

Fonte: elaborada pelos autores (2019), com base nos dados do SIM (DATASUS).

Nota: a especificação do modelo inclui ainda efeitos fixos de município. Os erros-padrão robustos a autocorrelação municipal e, nos modelos com pareamento (4 e 5), foram obtidos via *bootstrap* com reamostragem de municípios. Regressões são ponderadas pela parte da população municipal que em 2010 era composta por mulheres entre 15 e 29 anos. "I. C." é abreviação para intervalo de confiança.

ANEXO A

A Tabela 1 apresenta individualmente cada um dos códigos CID-10 considerados nas análises.

Tabela 1 — Detalhamento dos códigos CID-10 considerados

Código CID-10	Descrição
X85	Agressão por meio de drogas, medicamentos e substâncias biológicas
X86	Agressão por meio de substâncias corrosivas
X87	Agressão por pesticidas
X88	Agressão por meio de gases e vapores
X89	Agressão por meio de outros produtos químicos e substâncias nocivas especificados
X90	Agressão por meio de produtos químicos e substâncias nocivas não especificados
X91	Agressão por meio de enforcamento, estrangulamento e sufocação
X92	Agressão por meio de afogamento e submersão
X93	Agressão por meio de disparo de arma de fogo de mão
X94	Agressão por meio de disparo de espingarda, carabina ou arma de fogo de maior calibre
X95	Agressão por meio de disparo de outra arma de fogo ou de arma não especificada
X96	Agressão por meio de material explosivo
X97	Agressão por meio de fumaça, fogo e chamas
X98	Agressão por meio de vapor de água, gases ou objetos quentes
X99	Agressão por meio de objeto cortante ou penetrante
Y00	Agressão por meio de um objeto contundente
Y01	Agressão por meio de projeção de um lugar elevado
Y02	Agressão por meio de projeção ou colocação da vítima diante de um objeto em movimento
Y03	Agressão por meio de impacto de um veículo a motor
Y04	Agressão por meio de força corporal
Y05	Agressão sexual por meio de força física
Y06	Negligência e abandono
Y07	Outras síndromes de maus tratos
Y08	Agressão por outros meios especificados
Y09	Agressão por meios não especificados

Fonte: elaborada pelos autores (2019) com base nos metadados do SIM (DATASUS), disponíveis em <www.datasus.gov.br/cid10/V2008/cid10.htm>. Acesso em: 5 jun. 2019.