

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

**Diagnóstico de Saúde para os
Municípios Atingidos pelo Rompimento
da Barragem de Fundão. Análise de Dados
dos Sistemas de Informação em Saúde do
DATASUS: SIA e SINAN – Volume 1**



JUNHO DE 2021

Dados internacionais de Catalogação na Publicação
Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/FGV

Fundação Getulio Vargas

Diagnóstico de Saúde para os Municípios Atingidos pelo Rompimento da Barragem de Fundão. Análise de Dados dos Sistemas de Informação em Saúde do DATASUS: SIA e SINAN – Volume 1 / Fundação Getulio Vargas. – Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2021.

2 v.

Conteúdo: volume 1: SIA e SINAN; volume 2: SIH e SIM.

Em colaboração com: Ana Paula Fonseca de Oliveira, Claudio José Struchiner, Eduardo Massad, Luiz Max Carvalho, Rita Daniela Fernández Medina.

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. Brasil. Departamento de Informática do SUS. 5. Banco de dados - Saúde. 6. Gerenciamento de recursos de informação - Saúde. I. Título.

CDD - 627.8

EQUIPE TÉCNICA

Ana Paula Fonseca de Oliveira

Claudio José Struchiner

Eduardo Massad

Luiz Max Carvalho

Rita Daniela Fernández Medina

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Metodologia para análise por capítulo do CID-10	31
Figura 2 — Metodologia para análise por agravo.....	32
Figura 3 — Mapa de localização dos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão nos estados de MG e ES.....	65
Figura 4 — Mapa de localização dos municípios controle MG e ES.....	68
Figura 5 — Exemplo de aplicação da Transformada de Wavelets	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Total de atendimentos ambulatoriais medidos desde 2012 a 2019 nos municípios atingidos agrupados.....	50
Gráfico 2 — Análise de risco para todos os capítulos do CID-10	76
Gráfico 3 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias — análise agregada.....	80
Gráfico 4 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo I (CID-10): algumas doenças infecciosas e parasitárias	82
Gráfico 5 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo I (CID-10) de forma agregada: algumas doenças infecciosas e parasitárias	83
Gráfico 6 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo I (CID-10).....	84
Gráfico 7 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados da séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo I (CID-10)	85
Gráfico 8 — Série histórica representando o número de agravos por 100 mil habitantes para atingidos (vermelho) e controles (azul) (2008-2020)	95
Gráfico 9 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasmas (tumores) — análise agregada.....	103
Gráfico 10 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasmas (tumores).....	104
Gráfico 11 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasmas (tumores) — análise agregada.....	105
Gráfico 12 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo II: Neoplasmas (tumores).....	106
Gráfico 13 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos de Neoplasmas (tumores)	107
Gráfico 14 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasmas (tumores), por agravo	130
Gráfico 15 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários — análise agregada	144
Gráfico 16 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários.....	145

Gráfico 17 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários — análise agregada	146
Gráfico 18 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo III: Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários	147
Gráfico 19 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo III (CID-10).....	148
Gráfico 20 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários, análise por agravo	151
Gráfico 21 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IV (CID-10): Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas — análise agregada.....	154
Gráfico 22 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo IV (CID-10): ...	156
Gráfico 23 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo IV (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias — análise agregada.....	157
Gráfico 24 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo IV: Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas	158
Gráfico 25 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo IV (CID-10)	159
Gráfico 26 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IV (CID-10): Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas, análise por agravo	165
Gráfico 27 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo V (CID-10): Transtornos mentais e comportamentais — análise agregada	171
Gráfico 28 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo V (CID-10): Transtornos mentais e comportamentais	172
Gráfico 29 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo V (CID-10): Transtornos mentais e comportamentais — análise agregada.....	173
Gráfico 30 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo V: Transtornos mentais e comportamentais.....	174
Gráfico 31 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos de Transtornos mentais e comportamentais	175

Gráfico 32 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo V (CID-10): Transtornos mentais e comportamentais, análise por agravo	188
Gráfico 33 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso — análise agregada	196
Gráfico 34 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso	197
Gráfico 35 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso — análise agregada	198
Gráfico 36 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso	199
Gráfico 37 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo VI (CID-10)	199
Gráfico 38 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso, análise por agravo	208
Gráfico 39 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VII (CID-10): Doenças do olho e anexos, e do Capítulo VIII (CID-10): Doenças do ouvido e da apófise mastoide — análise agregada	215
Gráfico 40 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo VII (CID-10): Doenças do olho e anexos, e do Capítulo VIII (CID-10): Doenças do ouvido e da apófise mastoide	216
Gráfico 41 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo VII (CID-10): Doenças do olho e anexos, e do Capítulo VIII (CID-10): Doenças do ouvido e da apófise mastoide — análise agregada	217
Gráfico 42 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo VII (CID-10) e o Capítulo VIII (CID-10)	218
Gráfico 43 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos dos Capítulos VII e VIII (CID-10)	219
Gráfico 44 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VII (CID-10): Doenças do olho e anexos, análise por agravo	224
Gráfico 45 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VIII (CID-10): Doenças do ouvido e da apófise mastoide, análise por agravo	230
Gráfico 46 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório — análise agregada	233

Gráfico 64 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XII (CID-10): Doenças da pele e do tecido subcutâneo – Análise agregada.....	292
Gráfico 65 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XII (CID-10):...	293
Gráfico 66 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XII (CID-10): Doenças da pele e do tecido subcutâneo – Análise agregada.....	294
Gráfico 67 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XII (CID-10).....	295
Gráfico 68 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XII (CID-10)	296
Gráfico 69 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XII (CID-10): Doenças da pele e do tecido subcutâneo	300
Gráfico 70 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIII (CID-10): Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo – Análise agregada.....	304
Gráfico 71 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XIII (CID-10): Doenças do sistema osteomuscular e do tecido	306
Gráfico 72 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIII (CID-10): Doenças do sistema osteomuscular e do tecido – Análise agregada.....	307
Gráfico 73 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIII	307
Gráfico 74 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XIII (CID-10)	308
Gráfico 75 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIII (CID-10): Doenças do sistema osteomuscular e do tecido – Análise por agravo.....	319
Gráfico 76 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário – Análise agregada.....	329
Gráfico 77 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XIV (CID-10): ..	331
Gráfico 78 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário – Análise agregada.....	332
Gráfico 79 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIV (CID-10)	332
Gráfico 80 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XIV (CID-10).....	333
Gráfico 81 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário – Análise por agravo.....	340

Gráfico 82 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XV (CID-10): Gravidez, parto e puerpério – Análise agregada	346
Gráfico 83 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XV (CID-10): ..	347
Gráfico 84 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XV (CID-10): Gravidez, parto e puerpério – Análise agregada	347
Gráfico 85 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XV	348
Gráfico 86 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XV (CID-10).....	349
Gráfico 87 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XV (CID-10): Gravidez, parto e puerpério – Análise por agravo	353
Gráfico 88 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVI (CID-10): Algumas afecções originadas no período perinatal – Análise agregada	356
Gráfico 89 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XVI (CID-10) – Algumas afecções originadas no período perinatal	357
Gráfico 90 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XVI (CID-10): Algumas afecções originadas no período perinatal – Análise agregada	358
Gráfico 91 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XVI (CID-10)	359
Gráfico 92 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XVI (CID-10).....	360
Gráfico 93 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVI (CID-10): Algumas afecções originadas no período perinatal – Análise por agravo	362
Gráfico 94 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas – Análise agregada	364
Gráfico 95 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas	365
Gráfico 96 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas – Análise agregada	366
Gráfico 97 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XVII (CID-10)	367

Gráfico 47 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório.....	234
Gráfico 48 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório — análise agregada.....	235
Gráfico 49 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo IX: Doenças do aparelho circulatório	236
Gráfico 50 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo IX (CID-10)	237
Gráfico 51 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório, análise por agravo.....	244
Gráfico 52 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório – Análise agregada.....	251
Gráfico 53 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório	253
Gráfico 54 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório – Analise agregada.....	254
Gráfico 55 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo X: Doenças do aparelho respiratório.....	254
Gráfico 56 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo X (CID-10)	255
Gráfico 57 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório, análise por agravo	262
Gráfico 58 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo – Análise agregada	268
Gráfico 59 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo	269
Gráfico 60 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo – Analise Agregada.....	270
Gráfico 61 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo.....	270
Gráfico 62 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados da séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XI (CID-10)	271
Gráfico 63 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo, análise por agravo.....	280

Gráfico 98 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XVII (CID-10).....	368
Gráfico 99 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas, análise por agravo	373
Gráfico 100 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVIII (CID-10): Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte – Análise agregada	377
Gráfico 101 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XVIII (CID-10): Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte	378
Gráfico 102 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XVIII (CID-10): Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte – Análise agregada	379
Gráfico 103 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XVIII (CID-10)	379
Gráfico 104 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XVIII (CID-10).....	380
Gráfico 105 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVIII (CID-10): Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte, análise por agravo	386
Gráfico 106 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIX (CID-10): Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas – Análise Agregada.....	392
Gráfico 107 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XIX (CID-10): Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas.....	393
Gráfico 108 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIX (CID-10): Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas – Análise agregada.....	394
Gráfico 109 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIX (CID-10)	395
Gráfico 110 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XIX (CID-10).....	396

Gráfico 111 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIX (CID-10): Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas, análise por agravo	398
Gráfico 112 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XX (CID-10): Causas externas de morbidade e de mortalidade – Análise agregada.....	400
Gráfico 113 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XX (CID-10): Causas externas de morbidade e de mortalidade	401
Gráfico 114 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XX (CID-10): Causas externas de morbidade e de mortalidade – Análise agregada.....	402
Gráfico 115 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XX (CID-10)	403
Gráfico 116 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XX (CID-10).....	404
Gráfico 117 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XX (CID-10): Causas externas de morbidade e de mortalidade – Análise por agravo.....	407
Gráfico 118 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XXI (CID-10): Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde – Análise agregada	409
Gráfico 119 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo XXI (CID-10): Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde .	411
Gráfico 120 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XXI (CID-10): Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde – Análise agregada.....	412
Gráfico 121 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XXI (CID-10)	413
Gráfico 122 — Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo XXI (CID-10).....	414
Gráfico 123 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XXI (CID-10): Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde, análise por agravo	421
Gráfico 124 — Leishmaniose Tegumentar Americana. Série histórica anual	430
Gráfico 125 — Sinan: Leishmaniose tegumentar americana. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D)	431

Gráfico 126 — Sinan: Leishmaniose tegumentar americana. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles.....	432
Gráfico 127 — Violência. Série histórica anual	433
Gráfico 128 — Violência. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D).....	434
Gráfico 129 — Violência. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles.....	434
Gráfico 130 — Violência doméstica, sexual e/ou outras violências população feminina, série anual	435
Gráfico 131 — Violência física, série histórica anual.....	436
Gráfico 132 — Violência psicológica e moral, série histórica anual.....	437
Gráfico 133 — Violência sexual, série histórica anual.....	438
Gráfico 134 — Violência econômico-financeira, série histórica anual	439
Gráfico 135 — Sinan — Intoxicação. Série histórica anual	441
Gráfico 136 — Sinan: Intoxicação. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D)	442
Gráfico 137 — Intoxicação exógena. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	442
Gráfico 138 — Acidentes por animais peçonhentos. Série histórica anual.....	443
Gráfico 139 — Sinan: Acidentes por animais peçonhentos. Decomposição da série temporal por ano (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D)	444
Gráfico 140 — Sinan: Acidentes por animais peçonhentos. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles.....	445
Gráfico 141 — Sinan: Coqueluche. Série histórica anual.....	446
Gráfico 142 — Sinan: Coqueluche. Decomposição da série temporal por ano (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D)	447
Gráfico 143 — Sinan: Coqueluche. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	447
Gráfico 144 — Sinan: Dengue. Série histórica anual	448
Gráfico 145 — Sinan: Dengue. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D).....	449
Gráfico 146 — Sinan: Dengue. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	450
Gráfico 147 — Sinan: Esquistossomose. Série histórica anual	450

Gráfico 148 — Sinan: Esquistossomose. Decomposição da série temporal por ano (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D).....	451
Gráfico 149 — Sinan: Esquistossomose. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles.....	452
Gráfico 150 — Sinan: Leptospirose. Série histórica anual	452
Gráfico 151 — Sinan: Leptospirose. Decomposição da série temporal por ano (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D)	453
Gráfico 152 — Sinan: Leptospirose. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	454
Gráfico 153 — Sinan: Malária. Série histórica anual	454
Gráfico 154 — Sinan: Malária. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D).....	455
Gráfico 155 — Sinan: Malária. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	456
Gráfico 156 — Sinan — Meningite. Série histórica anual.....	456
Gráfico 157 — Sinan: Meningite. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D)	457
Gráfico 158 — Sinan — Meningite. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	458
Gráfico 159 — Sinan: Tétano acidental. Série histórica anual.....	458
Gráfico 160 — Sinan: Tétano acidental. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D).....	459
Gráfico 161 — Sinan: Tétano acidental. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles	460
Gráfico 162 — Sinan: Leishmaniose visceral. Série histórica anual	460
Gráfico 163 — Sinan: Leishmaniose visceral. Decomposição da série temporal anual (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D).....	461
Gráfico 164 — Sinan: Leishmaniose visceral. Análises de <i>cross-wavelet</i> nos dados das séries temporais anuais para atingidos e controles.....	462
Gráfico 165 — Série temporal anual dos procedimentos cirúrgicos atendidos entre 2008-2019 em residentes de municípios atingidos (vermelho) e controle (azul)	466

Gráfico 166 — Série temporal anual dos atendimentos clínicos atendidos entre 2008-2019 em residentes de municípios atingidos (vermelho) e controle (azul)	467
Gráfico 167 — Série temporal anual de procedimentos diagnósticos entre 2008-2019 em residentes de municípios atingidos (vermelho) e controle (azul)	468
Gráfico 168 — Série temporal anual da terapêutica medicamentosa entre 2008-2019 em residentes de municípios atingidos (vermelho) e controle (azul)	469
Gráfico 169 — Série histórica anual para taxa de mortalidade – análise agregada..	470
Gráfico 170 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias — análise agregada.....	472
Gráfico 171 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias — análise agregada.....	473
Gráfico 172 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo I (CID-10).....	473
Gráfico 173 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias, análise por agravo	477
Gráfico 174 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasias (tumores) — Análise agregada	479
Gráfico 175 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo I (CID-10): Neoplasias (tumores) — Análise agregada.....	480
Gráfico 176 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo I (CID-10).....	481
Gráfico 177 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasias (tumores), análise por agravo	493
Gráfico 178 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários — Análise agregada	506
Gráfico 179 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários — Análise agregada	507
Gráfico 180 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo III (CID-10).....	507
Gráfico 181 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo III (CID-10): Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários, análise por agravo	510

Gráfico 182 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IV (CID-10): Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas — Análise agregada.....	512
Gráfico 183 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo IV (CID-10): Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas — Análise agregada.....	513
Gráfico 184 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo IV (CID-10)	513
Gráfico 185 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IV (CID-10): Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas, análise por agravo	516
Gráfico 186 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo V (CID-10): Transtornos mentais e comportamentais — Análise agregada	517
Gráfico 187 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo V (CID-10): Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas — Análise agregada.....	519
Gráfico 188 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo V (CID-10)	519
Gráfico 189 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo V (CID-10): Transtornos mentais e comportamentais, análise por agravo	524
Gráfico 190 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso — Análise agregada.....	527
Gráfico 191 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso — Análise agregada.....	528
Gráfico 192 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo VI (CID-10)	528
Gráfico 193 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VI (CID-10): Doenças do sistema nervoso, análise por agravo.....	531
Gráfico 194 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VII (CID-10): Doenças do olho e anexos — Análise agregada	532
Gráfico 195 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo VII (CID-10): Doenças do olho e anexos — Análise agregada.....	534
Gráfico 196 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo VII (CID-10)	534
Gráfico 197 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo VIII (CID-10): Doenças do ouvido e da apófise mastoide — Análise agregada.....	535

Gráfico 198 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo VIII (CID-10): Doenças do ouvido e da apófise mastoide — Análise agregada.....	537
Gráfico 199 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo VIII (CID-10)	537
Gráfico 200 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório — Análise agregada.....	539
Gráfico 201 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório — Análise agregada.....	540
Gráfico 202 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo IX (CID-10)	540
Gráfico 203 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório, análise por agravo.....	543
Gráfico 204 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório — Análise agregada.....	545
Gráfico 205 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório — Análise agregada.....	547
Gráfico 206 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo X (CID-10)	547
Gráfico 207 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório, análise por agravo	550
Gráfico 208 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo — Análise agregada.....	552
Gráfico 209 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XI (CID-10): Doenças do aparelho digestivo — Análise agregada.....	553
Gráfico 210 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XI (CID-10)	554
Gráfico 211 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XII (CID-10): Doenças da pele e do tecido subcutâneo — Análise agregada	555
Gráfico 212 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XII (CID-10): Doenças da pele e do tecido subcutâneo — Análise agregada	556
Gráfico 213 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XII (CID-10)	556

Gráfico 214 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XII (CID-10): Doenças da pele e do tecido subcutâneo, análise por agravo	559
Gráfico 215 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIII (CID-10): Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo — Análise agregada	561
Gráfico 216 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIII (CID-10): Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo — Análise agregada	562
Gráfico 217 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIII (CID-10)	563
Gráfico 218 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário — Análise agregada	564
Gráfico 219 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário — Análise agregada	565
Gráfico 220 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIV (CID-10)	565
Gráfico 221 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário, análise por agravo	567
Gráfico 222 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XV (CID-10): Gravidez, parto e puerpério — Análise agregada	569
Gráfico 223 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XV (CID-10): Gravidez, parto e puerpério — Análise agregada	570
Gráfico 224 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XV (CID-10)	571
Gráfico 225 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XV (CID-10): Gravidez, parto e puerpério, análise por agravo	575
Gráfico 226 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVI (CID-10): Algumas afecções originadas no período perinatal — Análise agregada	577
Gráfico 227 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XVI (CID-10): Algumas afecções originadas no período perinatal — Análise agregada	578
Gráfico 228 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XVI (CID-10)	579
Gráfico 229 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVI (CID-10): Algumas afecções originadas no período perinatal, análise por agravo	581

Gráfico 230 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas — Análise agregada	583
Gráfico 231 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas — Análise agregada	585
Gráfico 232 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XVII (CID-10)	585
Gráfico 233 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVIII (CID-10): Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte — Análise agregada	586
Gráfico 234 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XVIII (CID-10): Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte — Análise agregada	588
Gráfico 235 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XVIII (CID-10)	588
Gráfico 236 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIX (CID-10): Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas — Análise agregada	589
Gráfico 237 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIX (CID-10): Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas — Análise agregada.....	591
Gráfico 238 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIX (CID-10)	591
Gráfico 239 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XVII (CID-10): Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas, análise por agravo	594
Gráfico 240 — Série histórica anual para Mortalidade Geral — Análise agregada...	598
Gráfico 241 — Óbitos pré-desastre — Série por idade, para atingidos (vermelho) e controles (azul)	599
Gráfico 242 — Óbitos pós-desastre — Série por idade, para atingidos (vermelho) e controles (azul)	599
Gráfico 243 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias — Análise agregada	601

Gráfico 244 — a) Óbitos acumulativos por 100 mil habitantes, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) b) Diferença entre os óbitos cumulativos, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) — Capítulo I (CID-10) — Algumas doenças infecciosas e parasitárias	602
Gráfico 245 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo I	602
Gráfico 246 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias, análise por agravo	605
Gráfico 247 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasias (tumores) — Análise agregada.....	607
Gráfico 248 — a) Óbitos acumulativos por 100 mil habitantes, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) b) Diferença entre os óbitos cumulativos, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) — Capítulo I.....	608
Gráfico 249 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo II	609
Gráfico 250 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasias (tumores), análise por agravo	612
Gráfico 251 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório — Análise agregada.....	614
Gráfico 252 — a) Óbitos acumulativos por 100 mil habitantes, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) b) Diferença entre os óbitos cumulativos, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) — Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório	614
Gráfico 253 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo IX (CID-10)	615
Gráfico 254 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho respiratório, análise por agravo	619
Gráfico 255 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório — Análise agregada.....	622
Gráfico 256 — a) Óbitos acumulativos por 100 mil habitantes, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) b) Diferença entre os óbitos cumulativos, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) — Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório.....	622

Gráfico 257 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo X (CID-10)	623
Gráfico 258 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório, análise por agravo	625
Gráfico 259 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário — Análise agregada	628
Gráfico 260 — a) Óbitos acumulativos por 100 mil habitantes, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) b) Diferença entre os óbitos cumulativos, antes e depois do rompimento, para atingidos (vermelho) e controles (azul) — Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário.....	628
Gráfico 261 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes: tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo XIV (CID-10)	629
Gráfico 262 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário, análise por agravo	631

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Doenças e agravos achados nos bancos de dados SIA, SIH e SIM com incidências comparativas entre antes e depois do rompimento, para atingidos e controles, indicando piora nos municípios atingidos após o rompimento da Barragem de Fundão	33
Quadro 2 — Substâncias químicas de interesse identificadas nos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizados no âmbito do desastre da Barragem de Fundão, Minas Gerais, 2015.....	46
Quadro 3 — Descrição dos códigos internacionais de doenças por capítulo CID-10 e dos agravos e doenças em cada um deles	63
Quadro 4 — Lista dos municípios controle utilizados no presente trabalho	68
Quadro 5 — Principais agravos achados na avaliação dos bancos de dados SIA, SIH e SIM	634

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Números de agravos (tipos de CID) e ocorrências (casos) nos bancos SIA, SIH e SIM, por capítulo CID	62
Tabela 2 — Dados populacionais (número de habitantes) de municípios atingidos e controles	69
Tabela 3 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - algumas doenças infecciosas e parasitárias	89
Tabela 4 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Neoplasmas (tumores)	109
Tabela 5 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários	149
Tabela 6 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas	160
Tabela 7 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Transtornos mentais e comportamentais	176
Tabela 8 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do sistema nervoso	201
Tabela 9 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do olho e anexos	220
Tabela 10 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do ouvido e da apófise mastoide	228
Tabela 11 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do aparelho circulatório	238
Tabela 12 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do aparelho respiratório	257
Tabela 13 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do aparelho digestivo	272
Tabela 14 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças da pele e do tecido subcutâneo	297
Tabela 15 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo	310
Tabela 16 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Doenças do aparelho geniturinário	334
Tabela 17 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Gravidez, parto e puerpério	351

Tabela 18 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Algumas afecções originadas no período perinatal.....	361
Tabela 19 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas	369
Tabela 20 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório não classificados em outra parte	382
Tabela 21 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas.....	397
Tabela 22 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Causas externas de morbidade e de mortalidade	405
Tabela 23 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde.....	416
Tabela 24 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão (SINAN)	428
Tabela 25 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Algumas doenças infecciosas e parasitárias	475
Tabela 26 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Neoplasias (tumores)	482
Tabela 27 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários	508
Tabela 28 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas	514
Tabela 29 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Transtornos mentais e comportamentais.....	520
Tabela 30 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças do sistema nervoso	529
Tabela 31 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças do aparelho circulatório	541
Tabela 32 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças do aparelho respiratório.....	548
Tabela 33 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças da pele e do tecido subcutâneo	557

Tabela 34 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Doenças do aparelho geniturinário	566
Tabela 35 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Gravidez, parto e puerpério	572
Tabela 36 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Algumas afecções originadas no período perinatal	580
Tabela 37 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão — Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas.....	592
Tabela 38 — Número de óbitos por 100 mil habitantes antes do rompimento da Barragem de Fundão para atingidos e controles.....	600
Tabela 39 — Número de óbitos por 100 mil habitantes depois do rompimento da Barragem de Fundão para atingidos e controle	600
Tabela 40 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Capítulo I (CID-10): Algumas doenças infecciosas e parasitárias	603
Tabela 41 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, Capítulo II (CID-10): Neoplasias (tumores)	610
Tabela 42 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, Capítulo IX (CID-10): Doenças do aparelho circulatório	616
Tabela 43 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, do Capítulo X (CID-10): Doenças do aparelho respiratório	624
Tabela 44 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, do Capítulo XIV (CID-10): Doenças do aparelho geniturinário	630

LISTA DE SIGLAS

Al — Alumínio

As — Arsênio

Ba — Bário

Ca — Cálcio

Cd — Cádmio

CID — Código de Identificação de Doenças

Co — Cobalto

Cr — Cromo

Cu — Cobre

DATASUS — Departamento de informática do Sistema Único de Saúde do Brasil

Fe — Ferro

Hg — Mercúrio

IDH — Índice de Desenvolvimento Humano

IVS — Índice de Vulnerabilidade Social

Mn — Manganês

Ni — Níquel

Pb — Chumbo

Se — Selênio

SIA — Sistema de Informações Ambulatoriais

SIH — Sistema de Informações de Hospitalizações

SIM — Sistema de Informações de Mortalidade

SINAN — Sistema de Informações de Agravos de Notificação

SINASC — Sistema de Informações de Nascidos Vivos

SIS — Sistemas de Informações de Saúde

Zn — Zinco

SUMÁRIO

SUMÁRIO EXECUTIVO	28
1 INTRODUÇÃO	35
1.1 O desastre provocado pelo rompimento da Barragem de Fundão	35
1.2 Contaminação dos cursos de água.....	43
1.3 Estudo de risco à saúde humana.....	45
1.4 Saúde — avaliação de dados secundários	47
1.5 Morbidade e mortalidade relacionadas com desastres	50
1.6 Métodos epidemiológicos e desastres	55
1.7 Bancos de dados do DATASUS	58
2 METODOLOGIA.....	61
2.1 Descrição da estratégia de mineração dos Bancos de dados: SIA, SIH, SIM e SINAN.....	61
2.2 Classificação dos capítulos do Código de Identificação de Doenças, versão 10 (CID-10).....	62
2.3 Municípios analisados	65
2.4 Incidências por 100 mil habitantes e incidências acumuladas	69
2.5 Cálculo de riscos: risco relativo, risco atribuível e número de pessoas necessárias para provocar dano	70
2.6 Análises estatísticas	70
2.7 Análises de séries temporais — decomposição em elementos estruturantes.....	71
2.8 Transformada de Wavelets.....	72
3 RESULTADOS	75
3.1 Banco de dados de informações ambulatoriais (SIA).....	75
3.2 Banco de dados de agravos de notificação (SINAN)	426
3.3 Banco de dados de informações hospitalares (SIH)	465
3.4 Banco de dados de informação sobre mortalidade (SIM).....	597
3.5 Conclusões e discussão	633
REFERÊNCIAS	653
APÊNDICE A — BANCO DE DADOS DO SIA	678
APÊNDICE B — BANCO DE DADOS DO SIH	1049
APÊNDICE C — BANCO DE DADOS DO SIM	1190

SUMÁRIO EXECUTIVO

Como parte da investigação dos impactos à saúde da população atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão, reavaliamos as informações presentes nos bancos dos Sistemas de Informações do DATASUS para os bancos de informações ambulatoriais (SIA), de hospitalizações (SIH), de mortalidade (SIM) e de agravos de notificação (SINAN) utilizando para tal metodologias estatísticas e epidemiológicas que não tinham sido incorporadas nas análises realizadas previamente (FGV, 2019¹).

As análises realizadas previamente (FGV, 2019) visavam o diagnóstico e avaliação dos danos à saúde nos municípios atingidos em decorrência do rompimento da Barragem de Fundão. Para isso foram considerados iguais períodos de tempo, antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, e comparadas as incidências de casos para certos agravos e doenças escolhidos previamente nos 45 municípios atingidos e em um conjunto de 100 municípios controle, pareados segundo condições socioeconômicas e geográficas. Com o intuito primário de diagnosticar o estado de saúde das populações em municípios atingidos, os estudos propostos pretendiam servir de fundamento para o estudo epidemiológico e toxicológico a ser realizado a partir de dados primários, em uma mostra representativa das populações atingidas e em populações controle, apresentados como proposta no escopo original do projeto de realização de diagnóstico e avaliação dos danos socioeconômicos decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão.

O processo de judicialização das empresas sobre o projeto proposto pela Fundação Getúlio Vargas impediu a realização de qualquer estudo baseado em dados primários coletados nos municípios atingidos. De esta forma, ainda não há uma avaliação abrangente, completa e aprofundada das condições de saúde das populações atingidas, nem do impacto do rompimento da Barragem de Fundão e do desastre no Rio Doce.

Em reunião entre as empresas e a FGV na data de 06/03/2020, foi acordada a realização de uma nova análise dos dados secundários presentes em quatro bancos (SIA, SIH, SIM e SINAN) que incluísse análises estatísticas aprofundadas mediante aplicação de técnicas como “análise de idade, período e coorte — APC”, “Transformada de Fourier”, “Transformada de Wavelets” e os cálculos de “riscos relativos” estendidos por um período de 10 anos antes e quatro anos depois do desastre, mediante a análise da

¹ Ver estudos FGV, 2019a e 2019b: Análise de Agravos Notificados às Bases do DATASUS — Parte 1 e Parte 2.

integral da curva sob as séries temporais de incidência de agravos nas bases mencionadas. Serão também incorporadas novas regiões de controle nesse estudo.

Foi acordada também a avaliação dos dados secundários mediante análises descritivas das tendências sazonais e interanuais e avaliação das notificações mensais de casos no período pós-desastre com o cenário hipotético de não ocorrência do evento desastre (situação “contrafactual”, inferida a partir da série histórica e da área de controle), para fornecer estimativas de efeitos potenciais atribuíveis ao desastre provocado pelo rompimento da Barragem de Fundão. A disponibilidade de áreas de controle comparativas — levando-se em consideração características socioeconômicas e demográficas — permite uma análise robusta e controlada, na qual os efeitos de confusão associados à sazonalidade e à variabilidade interanual podem ser controlados.

Este trabalho apresenta os resultados obtidos a partir das análises propostas no marco do Projeto Rio Doce. Todos os dados apresentados refletem as análises realizadas em quatro bancos de dados: SIA, SIH, SIM e SINAN.

Como parte da nova estratégia de avaliação de dados, incluímos as seguintes análises:

- 1) Incorporação de um novo conjunto de municípios controle pareados por condições socioeconômicas (três municípios controle para cada município atingido com reposição do conjunto de escolha), escolhidos entre os municípios de MG e ES para serem utilizados como situação contrafactual à exposição pelo rompimento da Barragem de Fundão (ou seja, aquilo que poderia ter acontecido caso o rompimento da barragem não tivesse acontecido).
- 2) Análise por capítulo. Avaliação dos 21 capítulos que conformam o Código Internacional de Doenças, versão 10 (CID-10, disponível em: <<https://www.medicinanet.com.br/cid10/a.htm>>) entre 2005 e 2019 (as datas precisas dependem da informação disponível em cada banco de dados) segundo (Figura 1):
 - a) Cálculo de incidências por 100 mil habitantes, de casos totais no capítulo para todas as doenças de forma agregada,
 - b) Avaliação das curvas representando o número de casos por ano, no tempo (chamadas de séries temporais), para municípios atingidos e controles,
 - c) Avaliação do total de casos existentes antes do rompimento da barragem (2012/2015) e depois (2016/2019) do rompimento da Barragem de Fundão, mediante o cálculo da Incidência Cumulativa,

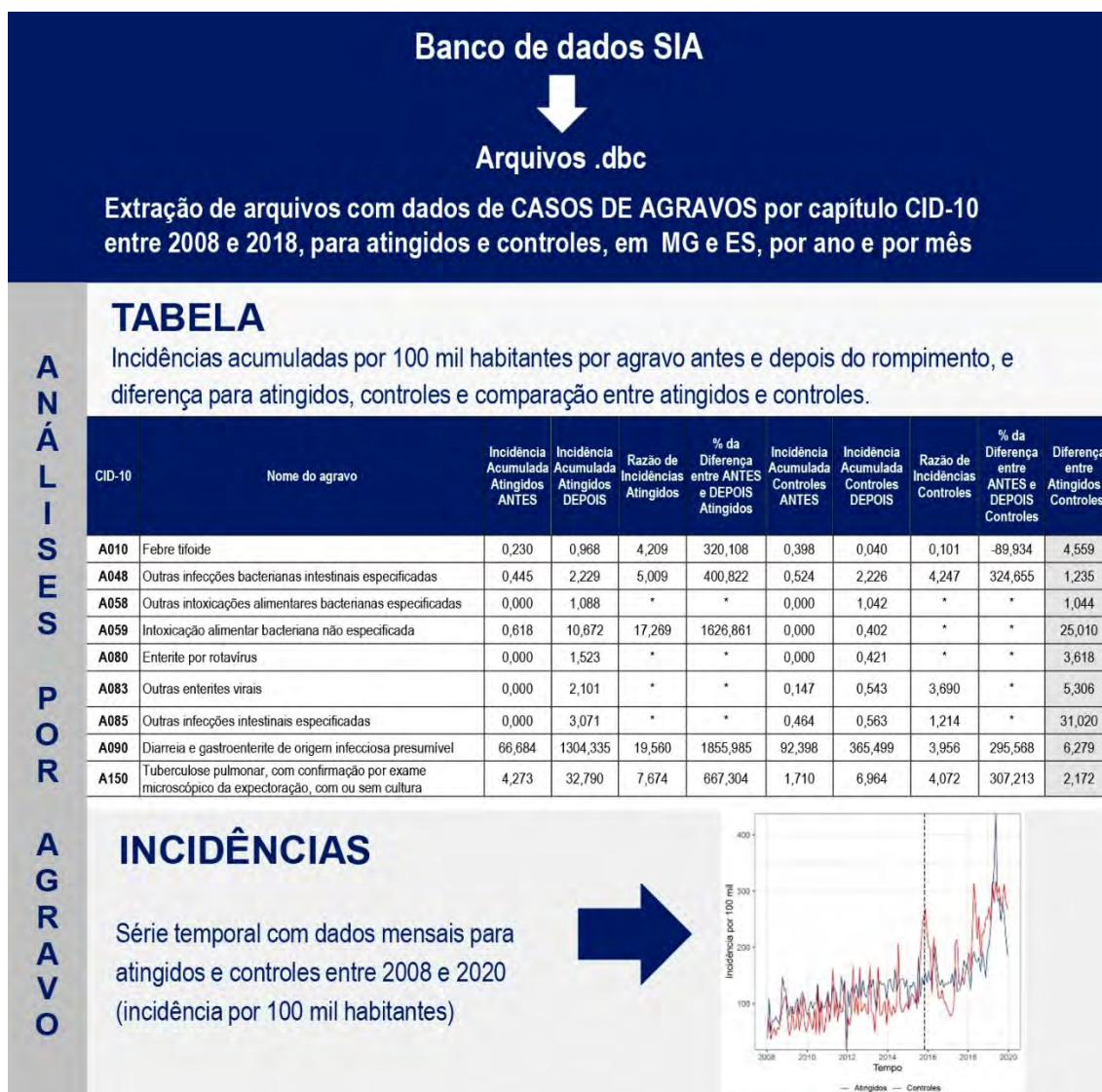
- d) Avaliação dos riscos associados ao município para os agravos de forma agregada por capítulo:
 - i) Cálculo de Riscos Relativos antes e depois do rompimento (RR),
 - ii) Cálculo de Risco Atribuível (RA),
 - iii) Cálculo do Número necessário para causar dano (NNH),
 - e) Avaliação dos componentes estruturantes (Prophet) presentes nas séries temporais mensais (tendência, temporalidade e resíduos),
 - f) Estimativa da periodicidade nas séries temporais mensais.
- 3) Análise por agravo ou doença. Avaliação dos agravos individuais dentro de cada capítulo (foram analisadas mais de 6.500 doenças de forma específica) (Figura 2):
- a) Cálculo de incidências por 100 mil habitantes, para cada agravo dentro dos capítulos CID-10,
 - b) Avaliação das curvas representando o número de casos por ano, no tempo (chamadas de séries temporais), para municípios atingidos e controles por agravo,
 - c) Avaliação do total de casos existentes antes do rompimento da barragem (2012/2015) e depois (2016/2019) do rompimento da Barragem de Fundão, mediante o cálculo da Incidência Cumulativa,
 - d) Comparação das Incidências cumulativas antes e depois do rompimento para atingidos e controles,
 - e) Comparação das razões de incidências antes e depois, para os municípios atingidos e controles.

Figura 1 — Metodologia para análise por capítulo do CID-10



Fonte: Elaboração própria (2021).

Figura 2 — Metodologia para análise por agravo



Fonte: Elaboração própria (2021).

Os resultados obtidos indicam que, nos municípios atingidos, houve uma piora na saúde quando comparadas as situações pré e pós-rompimento da Barragem de Fundão, em relação aos municípios controle utilizados na análise. Estas conclusões se aplicam principalmente a uma série de agravos sugerindo a aparição ou piora dos diagnósticos relacionados com os mesmos. Cabe ressaltar os diagnósticos de uma série de doenças como as infecciosas, incluindo doenças zoonóticas, de veiculação hídrica e tuberculose, neoplasias (câncer), quadros de anemias e desnutrição severa, diversos transtornos mentais, doenças do sistema nervoso, com especial atenção para epilepsias e Alzheimer, doenças do sistema circulatório, respiratório e renal, abortos e nascimentos de recém-nascidos com muito baixo peso ao nascer ou antes do termo e, por último, uma série de consequências de causas externas como violência, agressão física e

sexual, abuso de substâncias e intoxicações (Quadro 1). Esta situação é compatível com um desastre de grandes dimensões como o provocado pelo rompimento da Barragem de Fundão em novembro de 2015, quase seis anos atrás.

Concluimos que é indispensável realizar estudos epidemiológicos baseados em dados primários que permitam corroborar ou refutar o adoecimento por diversas causas das populações dos municípios atingidos que resultam sugestivas neste estudo baseado em dados secundários.

Quadro 1— Doenças e agravos achados nos bancos de dados SIA, SIH e SIM com incidências comparativas entre antes e depois do rompimento, para atingidos e controles, indicando piora nos municípios atingidos após o rompimento da Barragem de Fundão

Capítulo (CID-10)	Nome do Capítulo	Tipo de Agravos
I	Algumas doenças infecciosas e parasitárias	Doenças vectoriais Doenças de veiculação hídrica Tuberculose
II	Neoplasias (tumores)	Sistema respiratório Sistema digestivo Pele Sistema hematopoiético Anemias Outros
III	Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários	Anemias Aplasias Púrpuras
IV	Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas	Desnutrição Raquitismo e osteomalacia Obesidade Transtornos da tireoide Transtornos glandulares Distúrbios de metabolismo mineral
V	Transtornos mentais e comportamentais	Diversos transtornos mentais e comportamentais
VI	Doenças do sistema nervoso	Epilepsia Alzheimer

Capítulo (CID-10)	Nome do Capítulo	Tipo de Agravo
		Parkinson Doenças Neurodegenerativas
IX	Doenças do aparelho circulatório	Infarto de miocárdio Infarto cerebral Hipertensão
X	Doenças do aparelho respiratório	Pneumonias Bronquite Pneumoconiose Sinusites Infecções virais Doença pulmonar obstrutiva Asma Outras
XII	Doenças da pele e do tecido subcutâneo	Dermatites Urticárias, úlceras, prurigo, abscesso
XIII	Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo	Osteoporose e osteomalácia
XIV	Doenças do aparelho geniturinário	Síndromes nefríticas
XV	Gravidez, parto e puerpério	Aborto
XVI	Algumas afecções originadas no período perinatal	Recém-nascido de baixo peso — Recém-nascido pré-termo
XVIII	Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte	Violência física
XIX	Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas	Diversos tipos de intoxicações Efeitos tóxicos de venenos de animais peçonhentos
XX	Causas externas de morbidade e de mortalidade	Agressão sexual Intoxicação alcoólica Efeitos adversos de drogas e medicamentos
XXI	Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde	Abuso de álcool Abuso de drogas

Fonte: Elaboração própria (2021).

1 INTRODUÇÃO

1.1 O desastre provocado pelo rompimento da Barragem de Fundão

O rompimento da Barragem de Fundão é considerado um desastre socioambiental, de grandes dimensões, sem precedentes no Brasil, que causou danos ambientais ao longo de mais de 600 km de rios, na região oceânica de Espírito Santo, assim como danos socioeconômicos para as populações que habitam próximo e utilizam os cursos de água atingidos. O volume de rejeitos liberados pelo rompimento representa o maior desastre com barragens de rejeitos da história moderna, considerando a magnitude do impacto e o volume de rejeitos, superando os dos dois maiores incidentes ocorridos anteriormente, nas Filipinas, em 1982 (28 milhões de m³) e 1992 (32,2 milhões de m³), respectivamente (IBAMA, 2015).

Os cenários e as formas de impacto foram diversos ao longo da extensão do desastre, algumas localidades ficaram totalmente destruídas ou soterradas pela onda da lama, outras foram afetadas pela supressão temporária do abastecimento de água, outras tiveram parte das suas edificações inundada pela lama, houve também impactos sobre as atividades econômicas relativas a pesca, agricultura, turismo e comércio local (Agência Nacional de Águas, 2015).

Diversos estudos já foram desenvolvidos com o intuito de compreender a dimensão dos impactos do rompimento da Barragem de Fundão e o consequente desastre para o meio ambiente e a saúde dos atingidos. Segundo parecer dos institutos Lactec, tanto na calha do rio Doce quanto na região marinha-estuarina da foz do rio, há uma importante mobilização e contribuição da pluma de rejeitos na contaminação de cursos de águas, sedimento, solo e biota local, por metais e semimetais, associados à atividade de mineração (LACTEC, 2019, Parecer Técnico 22). Além disso, embora existam evidências da sedimentação e acúmulo do material em suspensão no fundo dos rios, estes materiais podem ser ressuspensos e disponibilizados na coluna d'água, desencadeando, consequentemente, alterações significativas na qualidade da água, biogeoquímica de sedimentos, bioacumulação e efeitos de toxicidade para a biota local e até mesmo para a população humana por longos períodos de tempo (revisado em BRASIL (MPF).

A ocorrência de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) no ambiente é prejudicial para a biota, devido principalmente ao potencial de bioacumulação e biomagnificação que, mediante o ingresso do elemento na cadeia trófica, pode trazer efeitos nocivos para a

saúde humana. A biomagnificação é o processo pelo qual há um aumento de determinado elemento à medida que se avança na cadeia alimentar. No caso dos metais pesados, compostos não assimilados pelos organismos vivos podem se acumular nos tecidos, levando esses elementos ao próximo nível trófico do ecossistema. Esse processo leva a uma intoxicação crônica. Assim, os impactos relacionados com os metais pesados em toda a bacia do rio Doce não estão apenas relacionados com o potencial tóxico direto de contaminação, mas também e sobretudo aos efeitos de biomagnificação no ecossistema, sendo as consequências da exposição passíveis de serem evidenciadas a curto, médio e longo prazo.

As atividades de mineração são uma importante fonte de contaminação por elementos potencialmente tóxicos (EPTs), a partir da geração de efluentes, poeira e da disposição de rejeitos em pilas de estéril que podem contaminar o solo e a água (RASHED, 2010²).

Esses elementos não se degradam e permanecem por longos períodos de tempo no ambiente, onde passam por diferentes transformações químicas, especialmente, complexação com outros elementos e substâncias presentes na coluna d'água.

A descarga de resíduos de processos minerários é uma ameaça grave para a qualidade da água, sedimentos, para a vida de organismos aquáticos e também para as pessoas que vivem a jusante de barragens, devido à presença de elementos (metais e semimetais) potencialmente tóxicos (EPTs) em sua composição (HORA et al., 2012³; POEMAS, 2015⁴; FERNANDES et al., 2016⁵; GUERRA et al., 2017⁶; HATJE et al., 2017).

Os resultados do estudo “Qualificação e Quantificação de Elementos Potencialmente Tóxicos (metais e semimetais) em Pescado proveniente da área de proibição da pesca” elaborado pelo Instituto LACTEC (2019) indicaram que todos os pescados (moluscos, crustáceos e peixes) capturados nos diferentes pontos ao longo da costa do Espírito Santo estão contaminados por EPTs. Entre eles, o mais representativo foi o **As** que

² RASHED, M. N. Monitoring of contaminated toxic and heavy metals, from mine tailings through age accumulation, in soil and some wild plants at Southeast Egypt. **Journal of Hazardous Materials**, v. 178, n. 1-3, p. 739-746, 2010.

³ HORA, A. M.; DIAS, C. A.; GUEDES, G. R.; COSTA, A. S. V.; JUNIOR, M. J. F. Da exploração econômica da bacia hidrográfica do rio Doce ao atual processo de degradação de seus recursos naturais. In: **Território, mobilidade populacional e ambiente**, 2012. p. 213-234.

⁴ GRUPO POLÍTICA, ECONOMIA, MINERAÇÃO, AMBIENTE E SOCIEDADE (POEMAS). **Antes fosse mais leve a carga: avaliação dos aspectos econômicos, políticos e sociais do desastre da Samarco/Vale/BHP em Mariana (MG)**. Relatório Final, 2015.

⁵ FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, p. 35-45, 2016.

⁶ GUERRA, M. B. B. et al. **Post-catastrophe analysis of the Fundão tailings dam failure in the Doce river system, Southeast Brazil**: potentially toxic elements in affected soils. Water, air and soil pollution, 2017. p. 228-252.

apresentou concentrações superiores aos limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira que regulamenta as concentrações de elementos químicos inorgânicos em alimentos (ANVISA, 1998⁷) para todos os grupos taxonômicos avaliados, em especial para crustáceos. No entanto, é importante mencionar que outros elementos como **Cd**, **Cu**, **Cr**, **Hg** e **Se** (para moluscos), **Cu**, **Hg** e **Se** (para crustáceos) e **Hg** e **Se** (para peixes) também estão em concentrações cuja representatividade está acima de 50% e, por vezes, de 100%, do limite máximo diário estabelecido pelas regulamentações nacional e internacionais.

É muito importante mencionar que dos elementos mais acumulados por estes organismos, ou que possuem maior representatividade em relação aos limites diários estabelecidos nacional e internacionalmente, **Al**, **As**, **Cd**, **Cu** e **Hg** são considerados tóxicos, uma vez que não possuem função metabólica reconhecida e que seus efeitos sobre a biota normalmente são deletérios. Os elementos **Cr**, **Fe**, **Mn** e **Se**, embora sejam considerados essenciais, pois são importantes para a fisiologia e como constituintes de vários organismos vivos (FÖRSTNER; WITTMANN, 1981⁸; EISLER, 2000⁹; ZAGATTO; BERTOLETTI, 2014¹⁰), também podem ser considerados tóxicos quando presentes em altas concentrações (FÖRSTNER; WITTMANN, 1981; NRIAGU, 1988¹¹; EISLER, 2000¹²; ANDRADE, 2003¹³; JOYEUX et al., 2004¹⁴; GUILHERME et al., 2005¹⁵; RAMOS,

⁷ AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Portaria n. 685**, de 27 de agosto de 1998. Aprova o Regulamento técnico: “Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos” e seu anexo: “Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos”, 1998.

⁸ FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal pollution in the aquatic environment**. 2. ed. Berlim: Springer-Verlag, 1981.

⁹ EISLER, R. **Handbook of chemical risk assessment: health hazards to humans, plants, and animals**. CRC Press, 2000

¹⁰ ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. 2. ed. São Carlos, Brasil: RiMa, 2014.

¹¹ NRIAGU, J. O. A silent epidemic of environmental metal poisoning? **Environmental Pollution**, v. 50, p. 139-161, 1988.

¹² EISLER, R. **Handbook of chemical risk assessment: health hazards to humans, plants, and animals**. CRC Press, 2000.

¹³ ANDRADE, C. A. **Estudo ecotoxicológico no trecho médio da bacia do rio Doce — MG**. 2003. 219f. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

¹⁴ JOYEUX, J. C.; Campanha Filho, E. A.; Jesus, H. C. Trace metal contamination in estuarine fishes from Vitória Bay, ES, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 765-774, 2004.

¹⁵ GUILHERME, L. R. G.; MARQUES, J. J.; PIERANGELI, M. A. P.; ZULIANI, D. Q.; CAMPOS, M. L.; MARCHI, G. Elementos traço em solos e sistemas aquáticos. **Tópicos em Ciências do Solo**, v. 4, p. 345-390, 2005.

2005¹⁶; QUEIROZ, 2006¹⁷; SOUZA, 2013¹⁸; VAREJÃO, 2008¹⁹; ZAGATTO BERTOLETTI, 2014; MORAIS, 2009²⁰, SILVA et al., 2018²¹; SALES, 2013²²; MAIA, 2017²³).

Apesar das diferenças nos limites de quantificação existentes entre diferentes laboratórios utilizados na metodologia de quantificação de metais no estudo do instituto LACTEC, em todos os pontos amostrados os elementos **Al**, **As**, **Cu**, **Fe** e **Zn** apresentaram concentrações médias acima de 1 mg/kg (média da concentração de todos os elementos que possuem limites legislados no Brasil). Desses elementos, apenas o **As** possui limites máximos estabelecidos pela legislação brasileira para contaminantes inorgânicos em alimentos. O **As** teve seu limite máximo violado, se consideradas as médias dos resultados obtidos em ambos os laboratórios, para todos os pescados capturados em todos os pontos amostrais. Nessa situação, as concentrações desse elemento violaram os limites permitidos pela legislação em um valor que chega a ser de 11 a 786%.

Considerando que estes organismos integram a dieta de várias espécies marinhas e constituem também importantes recursos pesqueiros, portanto constituindo também

¹⁶ RAMOS, W. E. S. **Contaminação por mercúrio e arsênio em ribeirões do Quadrilátero Ferrífero — MG, em área de mineração e atividades garimpeiras**. 2005. Tese (doutorado) — Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

¹⁷ QUEIROZ, M. T. A. **Bioacumulação de metais pesados no rio Piracicaba, Minas Gerais**, aplicando a análise por ativação neutrônica instrumental. 2006. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação em Engenharia Industrial, Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, UNILESTE, Coronel Fabriciano, 2006.

¹⁸ SOUZA, I. C. et al. Matching metal pollution with bioavailability, bioaccumulation and biomarkers response in fish (*Centropomus parallelus*) resident in neotropical estuaries. **Environmental Pollution**, v. 180, p. 136-144, 2013.

¹⁹ VAREJÃO, E. V. V. **Distribuição de mobilidade de arsênio e metais pesados em ribeirões do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. 2008. 205 f. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

²⁰ MORAIS, A. C. T. **Concentração de metais pesados em peixes teleósteos do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil**. 2009. 108f. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

²¹ SILVA, Carlos R. Bellato; MARQUES NETO, José de O.; FONTES, Maurício P. F. Trace elements in river waters and sediments before and after a mining dam breach (Bento Rodrigues, Brazil), **Quim. Nova**, v. 41, n. 8, p. 857-866, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170252>).

²² SALES, S. C. M. **Avaliação ecotoxicológica de impactos da contaminação por metais e arsênio em áreas de mineração e beneficiamento de ouro em Minas Gerais**. 2013. 158f. Tese (doutorado) — Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

²³ MAIA, F. F. **Elementos traços em sedimentos e qualidade da água de rios afetados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG**. 2017. 57f. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

parte da dieta humana (ZALESKY, 2005²⁴; FAO, 2017²⁵), o fato de apresentarem elevadas concentrações de EPTs constitui um risco de contaminação para os diferentes organismos que deles se alimentam, incluindo os seres humanos. Se considerados os resultados de representatividade destes elementos para uma porção de 309 g, compatível com o hábito de consumo de pescado pela população local, os riscos à saúde humana são consideráveis, pois, para vários dos elementos, os limites máximos diários são violados.

Um estudo realizado por pesquisadores da Universidade Federal de Viçosa (MG), que analisou amostras de água e sedimentos no rio do Carmo (134 km) em dois momentos diferentes, correspondentes a sete meses antes do rompimento da barragem e seis meses depois (SILVA et al., 2018), indicou que as características físico-químicas das amostras de sedimentos possuem uma predominância absoluta de areia, em média 91%, em relação às frações de silte (4%) e argila (5%). Outra característica dos sedimentos são as cargas negativas em sua superfície, o que ajuda na adsorção de oligoelementos. Em condições ácidas, os íons metálicos catiônicos (Cd^{2+} , Co^{2+} , Cr^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} e Zn^{2+}) tornam-se mais móveis (RIEUWERTS et al., 1998²⁶), de modo que em áreas com textura predominantemente arenosa sob condições ácidas há um potencial aumentado de lixiviação (movimento de materiais solúveis na matriz do solo pelo efeito da água que escorre e causa erosão ou a água que se infiltra no solo em direção ao lençol freático) das formas solúveis dos compostos metálicos.

Os resultados também indicaram que as concentrações de arsênico nas amostras de água estavam entre 10,4 e 50,4 $\mu\text{g/L}$, sendo o limite máximo permitido pelas regulamentações ambientais brasileiras para água destinada ao consumo humano de 10 $\mu\text{g/L}$.

Outro estudo de impacto ambiental do rompimento da Barragem de Fundão quantificou e descreveu os elementos potencialmente tóxicos (metais e semimetais) em pescado proveniente da área de proibição da pesca — região entre a Barra do Riacho, em Aracruz, e Degredo/Ipiranguinha, em Linhares, litoral do Espírito Santo (LACTEC,

²⁴ ZALESKY, T. **Posição sistemática e dinâmica populacional da lula *Loliguncula brevis* (MOLLUSCA: CEPHALOPODA)**. 2005. 176f. Dissertação (mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas — Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, 2005.

²⁵ ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA (FAO). **FAO yearbook**. Fishery and aquaculture statistics, 2017.

²⁶ RIEUWERTS, J. S. et al. Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. **Chemical Speciation and Bioavailability**, v. 10, 61-75, 1998.

2019²⁷). A análise de qualificação e quantificação de EPTs realizada em tecido muscular de pescado indicou a presença de todos os elementos avaliados em todos os pontos e grupos taxonômicos amostrados. Entre as conclusões, pode-se ressaltar as características particulares do material de rejeitos quanto a sua granulometria e a quantidade ainda disponível ao longo de toda a calha do rio Doce. Esse material será, por muito tempo, remobilizado e disponibilizado para o ambiente por influência da sazonalidade, em especial pelo regime de chuvas na região (IBAMA, 2015²⁸; FERNANDES et al., 2016²⁹; FERNANDES et al., 2009³⁰; UERJ, 2016³¹; HATJE et al., 2017³²; UFES, 2017), podendo ser transportado por longas distâncias (UFES, 2017). Além disso, uma vez no ambiente marinho, a dispersão da pluma de rejeitos sofrerá a influência de vários fatores como ventos superficiais, correntes, ondas, vazão e turbidez (IBAMA, 2016; UERJ, 2016³³; ICMBio, 2017³⁴). Na literatura se encontra documentado que animais que vivem em ambientes aquáticos quimicamente poluídos irão, cedo ou tarde, adquirir uma carga destes poluentes (FAURG, 2016³⁵). Muitos organismos tendem a acumular metais e semimetais além de outros contaminantes em seus tecidos, mesmo quando os níveis desses compostos se encontrem abaixo da concentração

²⁷ LACTEC. **Relatório Diagnóstico Socioambiental dos Danos Decorrentes do Rompimento da Barragem de Fundão na Bacia do Rio Doce e Região Costeira Adjacente**: qualificação e quantificação de elementos potencialmente tóxicos (metais e semimetais) em pescado proveniente da área de proibição da pesca, nov. 2019.

²⁸ INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Lauda técnica preliminar dos impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da Barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**, 2015.

²⁹ FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, p. 35-45, 2016.

³⁰ FERNANDES, V. O. et al. Lagoa Mãe-Bá (Guarapari-Anchieta, ES): um ecossistema com potencial de floração de cianobactérias? **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 2, p. 366-381, 2009.

³¹ UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). **Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA**, para o evento de 5-6 de janeiro 2016. Rio de Janeiro, 4 maio 2016.

³² HATJE, V.; PEDREIRA, R. M. A.; REZENDE, C. A. et al. The environmental impacts of one of the largest tailing dam failures worldwide. **Scientific Reports**, 2017.

³³ UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO (UERJ). **Estudo preliminar sobre a detecção da pluma de sedimentos do rio Doce sobre o Parque Nacional dos Abrolhos-BA**, para o evento de 5-6 de janeiro 2016. Rio de Janeiro, 4 maio 2016.

³⁴ INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Relatório de avaliação do impacto da lama/pluma Samarco sobre os ambientes costeiros e marinhos (ES e BA) com ênfase nas Unidades de Conservação**: 1a expedição do navio de pesquisa Soloncy Moura do CEPISUL/ICMBio (28 de abril de 2016). Equipe de Pesquisa Universidade Federal do Rio Grande — FURG/Coral Vivo. Ministério do Meio Ambiente: Brasília, DF, 2016.

³⁵ FUNDAÇÃO DE APOIO À UNIVERSIDADE DO RIO GRANDE (FAURG). **Relatório técnico-científico**: contrato 105/2016. Etapa 1: Análise de contaminantes (metais); Etapa 2: Análise sobre as possibilidades de contaminação do Parque Nacional Marinho de Abrolhos e regiões relacionadas; Etapa 3: Assinatura geoquímica de elementos de comparação com a pluma de sedimentos do rio Doce; Etapa 4: Análise de biomarcadores (lipoperoxidação). 2016.

máxima permitida pela legislação (NIENCHESKI et al., 2014³⁶). Por tanto, concentrações aparentemente baixas de metais e semimetais na coluna d'água e no sedimento não indicam, necessariamente, ausência de absorção e efeitos dos mesmos sobre a biota, pois quando absorvidos e, conseqüentemente, acumulados nos organismos, podem atingir níveis altamente tóxicos ou, até mesmo, fatais.

É importante ressaltar que ao longo dos diferentes níveis da cadeia trófica vários contaminantes podem atingir altas concentrações na biota marinha devido ao aumento progressivo das concentrações. Nesta condição, os organismos que se posicionam no topo da cadeia alimentar, por exemplo, os seres humanos, apresentam concentrações mais elevadas e tóxicas destes elementos (ANDRADE, 2003³⁷; JOYEUX; CAMPANHA FILHO; JESUS, 2004³⁸; MORAIS, 2009³⁹; NIENCHESKI et al., 2014⁴⁰; FERNANDES et al., 2016⁴¹). O conhecimento sobre a concentração, mobilidade, disponibilidade, bioacumulação e efeitos destes elementos tóxicos é de extrema importância para caracterização dos riscos, impactos e danos causados por eles ao ecossistema. Adicionalmente, devido ao tempo de permanência no ambiente e a forma como estes elementos se comportam ao longo da cadeia trófica, o seu estudo é relevante quanto ao acúmulo no ambiente, nos recursos pesqueiros e, conseqüentemente, na saúde humana.

Um estudo desenvolvido como tese de doutorado da Universidade de São Paulo (USP) (CAVALHEIRO-PAULELLI, 2019), cujo objetivo principal foi avaliar a exposição ao **Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Se e Zn** em moradores de Regência, Povoação e Campo Grande, no estado do Espírito Santo, e que utilizam água de rios e poços afetados pela lama da barragem, determinou os elementos químicos em amostras de sangue, urina, cabelo, água de beber e alimentos em uma amostra das populações locais. As medições foram realizadas por espectrometria de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS).

³⁶ NIENCHESKI, L. F. et al. Metais traço em peixes e filtradores em quatro estuários da costa brasileira. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. 1, p. 94-106, 2014.

³⁷ ANDRADE, C. A. **Estudo ecotoxicológico no trecho médio da bacia do rio Doce — MG**. 2003. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

³⁸ JOYEUX, J. C.; CAMPANHA FILHO, E. A.; JESUS, H. C. Trace metal contamination in estuarine fishes from Vitória Bay, ES, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 5, p. 765-774, 2004.

³⁹ MORAIS, A. C. T. **Concentração de metais pesados em peixes teleósteos do rio Piracicaba, Minas Gerais, Brasil**. 2009. Dissertação (mestrado) — Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa Viçosa, 2009.

⁴⁰ NIENCHESKI, L. F. et al. Metais traço em peixes e filtradores em quatro estuários da costa brasileira. **Tropical Oceanography**, v. 42, n. 1, p. 94-106, 2014.

⁴¹ FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza e Conservação**, v. 14, p. 35-45, 2016.

A avaliação de risco mostrou que deve haver preocupação sobre possíveis danos à saúde relacionados com a presença de **Se** e **As** em alimentos. As altas concentrações de **As** no sangue (5,8 a 269 µg/L), na urina (0,229 a 3733 µg/g creatinina), **Ní** no sangue (0,08 a 21,0 µg/L) e na urina (0,513 a 300 µg/g creatinina), **Ba** na urina (0,10-56,5 µg/g creatinina), **Pb** em sangue (3,4-129 µg/L) e urina (<LQ - 48,7 µg/g creatinina), **Hg** em sangue (0,05-103 µg/L) e urina (<LQ - 18,8 µg/g creatinina) e **Mn** em urina (46,7 µg/g creatinina) refletem a exposição mais acentuada dos participantes, provavelmente pelo consumo de água e alimentos contaminados.

Os sinais e sintomas predominantes relatados pelos participantes do estudo foram: psicológicos, mal-estar generalizado, cutâneos e gastrointestinais. Os resultados deste trabalho mostram que houve a presença de elementos potencialmente tóxicos em altas concentrações na água (**Al**, **Fe** e **Mn**), alimentos marinhos (**As**) e folhas (**Fe**, **Mn**, **Al** e **Ba**) consumidos nas comunidades dos municípios de Linhares e São Mateus.

Um estudo realizado pela Rede Rio Doce Mar⁴² apontou evidências de alterações na estrutura, composição e funcionamento dos componentes abióticos e bióticos dos ecossistemas dulcícolas (calha do rio Doce, lagos e lagoas associadas), costeiros (estuário, praias, manguezais e restingas) e marinhos. As pesquisas também destacam a calha, estuário e foz do rio Doce, bem como a região costeira adjacente próxima a esta foz do rio Doce, tanto ao sul quanto ao norte, como sendo as áreas onde foram observadas as maiores evidências de impactos associados aos rejeitos oriundos do rompimento da Barragem de Fundão.

Em parecer técnico sobre a qualidade da água no rio Doce nas proximidades da foz do rio Pequeno, município de Linhares (ES), baseado em dados obtidos junto ao banco de dados do IEMA (estação P4, até julho/2016) e da Fundação Renova (estação RDO-15, a partir de agosto/2016) e elaborado pelo Instituto LACTEC em agosto de 2018, os autores acharam uma série de EPTs com desacordos em relação às normativas vigentes, considerando diferentes períodos, divididos em seco e chuvoso. Foi utilizado o valor de referência *Upper effect threshold* (UET) (limite de efeitos superior). Os EPTs em questão são o **Al**, **As**, **Cd**, **Cr**, **Fe**, **Mn** e **Ni**.

Também, um relatório dos Institutos LACTEC sobre organismos aquáticos mostrou que eles concentram EPTs em concentrações superiores às encontradas nos demais compartimentos do ambiente (água e sedimento), portanto, apresentam uma importância relevante sobre a dinâmica de ciclagem desses elementos nos ecossistemas, atuando na exportação entre os ambientes aquáticos e terrestre, via

⁴² Disponíveis em: http://rrdm.net.br/sistema/arquivos/arquivos_imprensa/203220261119.pdf.

cadeia alimentar, e ampliando o risco humano à contaminação (RAMOS, 2005⁴³; ZAGATTO; BERTOLETTI, 2014⁴⁴; MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006⁴⁵).

O Grupo Independente para Avaliação do Impacto Ambiental (GIAIA, 2016) também observou concentrações de **Mn** (5,3 mg/L), **As** (0,11 mg/L) e **Pb** (0,029 mg/L) acima do permitido pela resolução 357 do CONAMA (CONAMA, 2005). Assim como outros estudos também mostraram elevadas concentrações de elementos químicos em rios atingidos pela lama de rejeitos da Samarco (ANA, 2016; CPRM, 2015; IGAM, 2015; SAAE, 2015).

1.2 Contaminação dos cursos de água

Pesquisas realizadas logo após o rompimento da barragem revelaram que a lama depositada na região de Bento Rodrigues tinha potencial de citotoxicidade e genotoxicidade (SEGURA, 2016⁴⁶). Mesmo que a composição da lama de rejeitos seja composta alegadamente por ferro (Fe) e óxido de silício (SiO₂) (PIRES et al., 2003⁴⁷; IBAMA, 2015), pesquisas realizadas logo após o rompimento da barragem revelaram que a lama depositada na região de Bento Rodrigues tem potencial de citotoxicidade e genotoxicidade (SEGURA, 2016).

O desastre provocou a contaminação do solo e de cursos de água com lama contendo metais pesados assim como a deposição de quantidades significativas de resíduos sólidos nas margens dos rios e a suspensão de sedimentos finos nas águas ao longo da extensão percorrida pela lama (IBAMA, 2015). Estes sedimentos ficaram disponíveis para ser erodidos e transportados após chuvas, promovendo novas descargas de componentes da lama nos cursos de água ao longo do tempo. Estudos recentes indicaram a existência de contaminação pelos resíduos da lama em mais de 20 pontos ao longo da bacia do rio Doce (HATJE et al., 2017). Estudos anteriores ao rompimento da barragem indicaram que o resíduo sólido do processamento de minério de ferro nas

⁴³ RAMOS, W. E. S. **Contaminação por mercúrio e arsênio em ribeirões do Quadrilátero Ferrífero — MG, em área de mineração e atividades garimpeiras**. 2005. Tese (doutorado) — Programa de Pós-graduação em Agroquímica, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005.

⁴⁴ ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. 2.ed. São Carlos: RiMa, 2014.

⁴⁵ MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1/2, p. 83-100, 2006

⁴⁶ SEGURA, F. R. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution**, v. 218, 2016.

⁴⁷ PIRES, J. M. M.; LENA, J. C. de; MACHADO, C. C.; PEREIRA, R. S. Potencial poluidor de resíduo sólido da Samarco Mineração: estudo de caso da barragem de Germano. **Rev. Árvore**, v. 27, p. 393-397, 2003.

cabeceiras da bacia do rio Doce apresenta 57% de **Fe**, 14% de **SiO₂**, 7,7% de **H₂O₂** e 1,3% de **Al** (PIRES et al., 2003). Porém, outro estudo mostrou que a pasta da Barragem de Fundão tem um tamanho de partícula de 1 a 200 µm, e é composta por **SiO₂**, **Fe**, **Mn**, **Ca** e **Cr** (SEGURA, 2016⁴⁸). Hatje e colaboradores identificaram, em várias estações ao longo do rio, a existência de uma enorme quantidade de Fe e níveis de Fe, As, Hg, Mn e outros elementos que excedem os valores recomendados (HATJE et al., 2017). A contaminação dos solos inundados pela lama, nas planícies de inundação, e a presença de sedimentos nos riachos que podem ser ressuspensos e transportados pelos rios em épocas de chuvas não podem ser negligenciadas dada a quantidade de rejeito depositado nas margens do rio ao longo de centenas de quilômetros na bacia hidrográfica do rio Doce. Por exemplo, sabe-se que os sólidos da calha do rio são remobilizados durante os períodos de chuva, produzindo águas de alta turbidez, associadas a contaminantes metálicos que podem persistir por longos períodos de tempo.

Um estudo realizado a partir de levantamentos bibliográficos e pesquisa de campo e laboratorial com o objetivo de avaliar os impactos socioambientais decorrentes dos usos e ocupações da bacia do rio do Carmo com relação aos recursos hídricos locais, antes e após o rompimento da barragem de rejeitos do Fundão (SILVA et al., 2018⁴⁹), apontou que o material particulado depositado nas bacias de inundação atingidas pela lama de rejeitos constitui-se como um suporte e vetor de transporte de metais pesados e de micro-organismos a ele aderidos. E, caso a ressuspensão desse material não seja evitada, essas áreas podem, segundo o referido estudo, se tornar focos de doenças decorrentes de contaminações por metais pesados e micro-organismos patogênicos, além de doenças respiratórias.

Pessoas com maiores níveis de vulnerabilidade e menor capacidade de gerenciar riscos de desastres serão afetadas de forma desproporcional. Os fatores que afetam essa vulnerabilidade incluem pobreza, gênero, idade, problemas de saúde pregressos e estados nutricionais deficientes. Por exemplo, enquanto a mortalidade global por desastres parece estar diminuindo para alguns tipos de perigos (BOUWER; JONKMAN, 2018⁵⁰), existem evidências que sugerem que há um aumento constante nas perdas econômicas relacionadas com desastres assim como com o número de pessoas

⁴⁸ SEGURA, F. R. Potential risks of the residue from Samarco's mine dam burst (Bento Rodrigues, Brazil). **Environmental Pollution**, v. 218, 2016.

⁴⁹ SILVA, C. R. B. et al. Trace elements in river waters and sediments before and after a mining dam breach (Bento Rodrigues, Brazil), **Quim. Nova**, v. 41, n. 8, p. 857-866, 2018.

⁵⁰ BOUWER, L. M.; JONKMAN, S. N. A mortalidade global por tempestades está diminuindo. **Cartas de Pesquisa Ambiental**, v. 13, n. 1, 2018.

afetadas, com a exposição de pessoas e ativos em todos os países aumentando mais rapidamente do que a vulnerabilidade diminuindo, aumentando assim os riscos (UNISDR, 2015⁵¹).

1.3 Estudo de risco à saúde humana

Diante dos riscos à saúde humana provenientes da industrialização crescente, foram criados procedimentos de avaliação que dimensionem possíveis riscos à saúde e determinem recomendações para eliminação da exposição humana, ações de saúde direcionadas às populações expostas, bem como ações de remediação das fontes de emissão. A avaliação de risco à saúde das populações expostas a contaminantes ambientais representa um instrumento importante para a tomada de decisões e implementação, de maneira sistemática, de articulações e de ações intra e intersetoriais visando à promoção e proteção da saúde, melhorando as condições sociais e de vida.

A fim de estabelecer os riscos à saúde humana decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, uma série de estudos já foi realizada. De modo a estimar o risco à saúde humana, decorrente da ingestão de metais e semimetais, por meio do consumo de pescados originários de regiões afetadas pelo rompimento da Barragem de Fundão, a ANVISA apresentou, em 2019, um parecer técnico sobre o impacto à saúde humana decorrente do consumo de pescado proveniente de regiões afetadas pelo desastre. Foram analisados um total de 11 mil resultados analíticos de amostras de pescado coletadas pela Fundação Renova na porção continental da bacia do rio Doce e pela Universidade Federal do Rio Grande (FURG) nas porções estuarina-marinha desta (de Guarapari/ES até Abrolhos/BA). Embora esta avaliação tenha sido realizada com um número expressivo de dados, o estudo apresenta limitações em relação a um estudo de risco à saúde como: i) ausência de dados de consumo da população local; ii) utilização de diferentes metodologias na quantificação dos metais; iii) utilização de metodologias não adequadas ao propósito; iv) ausência de especiação dos metais; v) ausência de estudos toxicológicos conclusivos sobre alguns metais; e vi) ausência de avaliação do tamanho dos peixes.

Contudo, foi possível concluir que os pescados da região afetada pelo desastre apresentam médias maiores de concentração de **Cd** (peixes de água salgada), **Hg** e **Pb**, quando comparados com pescados comercializados mundialmente. Adicionalmente, para o **Cd**, foi observado que 6% dos resultados em peixes de água

⁵¹ Estratégia Internacional das Nações Unidas para a Redução de Desastres (UNISDR). **Quadro Sendai para a redução do risco de desastres 2015-2030**. Genebra: UNISDR, 2015.

salgada e 2% dos resultados de crustáceos apresentaram valores acima dos limites máximos permitidos.

Um estudo recente, de avaliação de risco à saúde humana (ARSH) realizado nas localidades de Mariana e Barra Longa (MG), no Alto Rio Doce, e localidades de Linhares (ES) na foz do rio Doce, aponta para a presença de contaminantes com forte impacto à saúde das populações atingidas (AMBIOS, 2019a). A seleção de contaminantes de interesse foi feita comparando os resultados analíticos obtidos com valores de referência adotados para cada compartimento ambiental analisado (solo, sedimentos, poeira e águas). A seleção foi baseada na concentração máxima detectada para cada elemento químico em todos os compartimentos amostrados nas campanhas de amostragem.

De acordo com este critério, foram encontrados **Cd** no solo superficial, e **Cd, Pb, Ni, Cu** e **Zn** em sedimentos e poeira (Quadro 2) nos municípios do Rio Alto de Mariana e Barra Longa e **Cd** e **Sb** (em solo superficial e poeira domiciliar) e **As** em solo superficial, **Zn** na poeira domiciliar e **Pb** na água para consumo humano. Estes dados indicam que este local teve um impacto adverso na saúde humana (AMBIOS, 2019a⁵²).

Por outra parte, foi realizado um estudo encomendado pela Fundação Renova à empresa TecnoHidro Engenharia São Paulo (TECNOHIDRO) para desenvolver uma Avaliação de Risco à Saúde Humana (ARSH) em três Áreas Alvo contemplando as regiões de Bento Rodrigues e os distritos de Paracatu, Monsenhor Horta, Claudio e Barretos entre Mariana e Barra Longa (TECNOHIDRO, 2019⁵³). O estudo encontrou risco de categoria 1 para **As, Fe, Mn, Al, Co, Cu, Se** nas diferentes regiões avaliadas.

Quadro 2 — Substâncias químicas de interesse identificadas nos estudos de Avaliação de Risco à Saúde Humana realizados no âmbito do desastre da Barragem de Fundão, Minas Gerais, 2015

Mariana e Barra Longa	
Poeira Domiciliar	Pb, Zn, Cu, Ni, Zn
Solo Superficial	Cd
Classificação: Local de Perigo Categoria A — Perigo Urgente para a Saúde Pública	
Linhares	
Poeira Domiciliar	Cd, Sb, Zn

⁵² AMBIOS. Estudo de avaliação de risco à saúde humana em localidades atingidas pelo rompimento da Barragem do Fundão — MG (Mariana e Barra Longa). São Paulo, 2019a.

⁵³ TECNOHIDRO. Relatório técnico de avaliação de risco à saúde humana metodologia Ministério da Saúde Mariana-MG áreas alvo 1, 2 e 3. Mariana, Minas Gerais, maio de 2019.

Solo Superficial	Cd, As, Sb
Água para Consumo Humano	Pb
Classificação: Local de Perigo Categoria A — Perigo Urgente para a Saúde Pública	

Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados dos estudos de Risco à Saúde Humana (AMBIOS, 2019a, b⁵⁴).

O conjunto de dados aqui apresentados, elaborados por diversas instituições, indica a presença de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) para a saúde humana nas regiões atingidas pelo rompimento da Barragem de Fundão. A contaminação de ecossistemas terrestres e aquáticos por EPTs constitui risco eminente de intoxicação à biota e ao homem, pois todo EPT (e seus compostos) possui toxicidade, e o grau de afetação dos organismos está relacionado com a quantidade e tempo de exposição aos elementos (MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2006⁵⁵). A identificação de EPTs no ambiente justifica a elaboração de estudos de risco à saúde humana, onde as rotas de exposição e as doses dos contaminantes potenciais são avaliadas e o risco estabelecido, assim como estudos epidemiológicos nas populações expostas a tais contaminantes no que diz respeito a saúde tanto física quanto mental dos mesmos.

1.4 Saúde — avaliação de dados secundários

Os estudos à saúde humana são importantes em contextos de desastres, pois podem indicar o impacto que a exposição a contaminantes tem nos indivíduos expostos.

Entre 2014 e 2016, foi realizado um estudo descritivo pelo Ministério da Saúde do Brasil (EPISUS) baseado em um inquérito populacional na cidade de Barra Longa que sofreu forte impacto pelo desastre, tendo a maior parte da sua população confinada a suas residências ante a permanência dos rejeitos na cidade (EPISUS, 2016⁵⁶). Segundo relatório da Força Tarefa, houve na cidade 5.745 afetados pela lama, sendo 140 desabrigados, 400 desalojados, 250 feridos e 4.900 outros afetados (SDRPUG, 2016⁵⁷).

⁵⁴ AMBIOS. **Estudo de avaliação de risco à saúde humana em localidades atingidas pelo rompimento da Barragem do Fundão — MG (Linhares)**. São Paulo, 2019b.

⁵⁵ MUNIZ, D. H. F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente. **Universitas: Ciências da Saúde**, v. 4, n. 1/2, p. 83-100, 2006.

⁵⁶ EPISUS. **Estudo sobre o perfil epidemiológico da população de Barra Longa — MG: pós-desastre, 2016**. Relatório Final. Secretaria de Vigilância em Saúde/MS, 2016.

⁵⁷ MINAS GERAIS. Secretaria de Desenvolvimento Regional, Política Urbana e Gestão Metropolitana. **Relatório: avaliação dos efeitos e desdobramentos do rompimento da Barragem de Fundão em Mariana-MG**. Belo Horizonte, 2016.

A partir de dezembro de 2015 foram registrados os primeiros casos suspeitos de dengue na cidade de Barra Longa e em 2016 houve um número elevado de pessoas com suspeita e diagnóstico confirmado da doença. Não foram evidenciados, neste estudo, fatores individuais entre os residentes para a ocorrência da transmissão entre a população, sugerindo que a introdução do vírus da dengue ocorreu após o desastre (EPISUS, 2016). Foi também evidenciado um aumento nos atendimentos médicos em 2016 relacionados com afecções das vias respiratórias com pico de atendimentos no mês de maio.

Estiveram também estatisticamente associados com a área do desastre problemas com saúde mental, observados na triagem para depressão, uso de ansiolíticos e sintomas como insônia e irritabilidade após o desastre.

O uso de anti-hipertensivos e a observação de cobras também estiveram associados estatisticamente com o tipo de área, entretanto sua prevalência foi maior na área atingida.

Apesar da presença de animais peçonhentos, não foi na época evidenciado um aumento de ocorrências com eles relacionados, também não foi evidenciado aumento do uso de álcool, drogas ou cigarros nos nove meses transcorridos após o desastre. Foi evidenciada uma prevalência elevada de hipertensão arterial sistêmica, mas ressaltam que esta condição já era prevalente antes do desastre.

Em 2018, foram apresentados os resultados de um novo estudo descritivo realizado pela equipe do EPISUS/MS, realizado com indivíduos atendidos nas unidades de saúde do município de Barra Longa (MG) (EPISUS, 2018⁵⁸). O objetivo era descrever os atendimentos ambulatoriais por demanda espontânea da população de Barra Longa, no período de julho de 2016 a maio de 2018. Os resultados indicaram um aumento nos atendimentos e uma inversão das zonas de atendimento, de rural para urbana, o que foi relacionado com a possível exposição aos rejeitos. As doenças relacionadas com as Infecções das Vias Aéreas Superiores (IVAS) — principal causa de atendimentos —, transtorno mental, parasitoses, depressão — piora da doença após o rompimento —, diabetes, alergias, dermatite/dermatose foram as mais relatadas com piora nos últimos dois anos e meio em Barra Longa e podem estar relacionadas com o desastre ocorrido em 2015. Os resultados encontrados no estudo apontam para esse cenário dois anos e meio após o rompimento da barragem, situação semelhante à encontrada no estudo realizado em 2016, com só nove meses de acontecido o desastre. Considerando os

⁵⁸ EPISUS. **Dois anos pós-desastre da Barragem do Fundão: perfil epidemiológico e toxicológico da população de Barra Longa, MG, 2018. Relatório Final.** Secretaria de Vigilância em Saúde/MS, 2018.

transtornos psicossociais e comportamentais, as doenças cardiovasculares, a desnutrição e o agravamento de doenças crônicas como consequências dos impactos do desastre de 2015 sobre a saúde da população.

Durante 2019 a equipe da FGV realizou o levantamento, mineração e análise de dados secundários das populações em municípios atingidos e controle quanto à incidência de agravos notificados nos três anos antes e nos três anos posteriores ao rompimento da Barragem de Fundão em seis bancos do DATASUS. Foram analisadas as notificações aos seguintes bancos de dados do DATASUS: Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN), Sistema de Internações Hospitalares (SIH), Sistema de Atendimento Ambulatorial (SIA), Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM), Sistema de Informações de Nascidos Vivos (SINASC) e Programa Nacional de Imunizações (PNI). Os municípios controle (85 no total) foram escolhidos por critérios geográficos (todos eles eram municípios ribeirinhos a rios afluentes do rio Doce) e socioeconômicos.

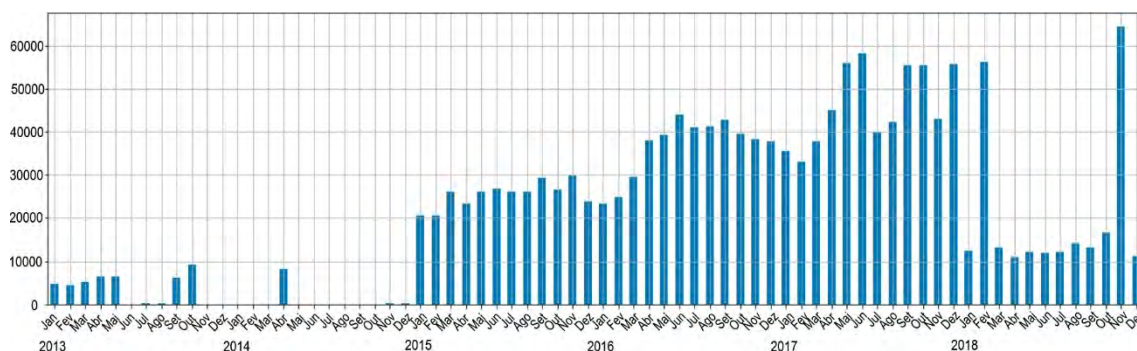
A análise do Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN) permitiu concluir que os agravos aumentados nos municípios atingidos (mas que não aumentaram nos controles) constam de diversas doenças de transmissão vetorial, provavelmente como consequência de uma alteração ecológica causada pelo rompimento da Barragem de Fundão, que quebrou o equilíbrio ecológico de parasitas e vetores anterior ao rompimento da barragem. É relevante ressaltar o aumento da incidência dos transtornos mentais, violência doméstica e acidentes por animais peçonhentos nos municípios atingidos, quando comparados com a situação antes do desastre para os mesmos municípios.

A análise do Sistema de Atendimento Ambulatorial (SIA) permite concluir que houve um aumento significativo do total de atendimentos ambulatoriais nos municípios atingidos após o desastre (Gráfico1). Entre os agravos que aumentaram de incidência nesses municípios destacam-se dengue, doença aguda pelo vírus Zika, febre Chikungunya, febre amarela, leishmaniose cutânea, diarreias (aumento nos controles, mas também nos atingidos), uso de psicotrópicos e incidência de transtornos mentais (maior aumento em controles do que atingidos; entretanto, na análise da série histórica, é mais significativo o aumento entre atingidos a partir do final de 2017), suicídios, bronquites, pneumonia, dermatites, abortos e malária.

Entre os agravos notificados na base SIA, destacam-se as doenças respiratórias agudas, leishmaniose, dermatites e abortos, o que, com exceção das leishmanioses, também vai de encontro aos relatos da população local. Outra exceção importante

refere-se às diarreias, as quais, ao contrário das queixas espontâneas locais, aumentaram mais nos municípios controle que nos atingidos.

Gráfico 1 — Total de atendimentos ambulatoriais medidos desde 2012 a 2019 nos municípios atingidos agrupados



Fonte: Elaboração própria (2019), a partir de dados SIA (2012-2018).

A análise do SIM permitiu concluir que os atingidos, após o rompimento da barragem, apresentaram idade média ao morrer três anos menor em relação aos controles. Além disso, os atingidos apresentaram maior mortalidade por arboviroses (vírus transmitidos por vetores), com destaque para a febre amarela após o rompimento da barragem.

Não foram encontradas diferença significativas na mortalidade por suicídios entre atingidos e controles. Diversas neoplasias tiveram também aumento na sua incidência na mortalidade, apresentaram razões de risco maiores que um, indicando um aumento significativo dos riscos relativos após o rompimento da barragem.

1.5 Morbidade e mortalidade relacionadas com desastres

Está amplamente demonstrado que os desastres, qualquer seja a sua natureza, tanto naturais como provenientes de atividades humanas, produzem fortes impactos nas populações que são atingidas (SAULNIER et al., 2017⁵⁹). Suas consequências podem ser diversas e afetar tanto a saúde física, mental e social dessas comunidades como o acesso aos serviços de saúde, que podem se ver diminuídos, descontinuados ou resultar insuficientes, diante das necessidades que surgem a partir de um desastre (XIU-GEE, 2018⁶⁰).

⁵⁹ SAULNIER, D. D.; BROLIN, RIBACKE, K.; VON SCHREEB, J. No calm after the storm: a systematic review of human health following flood and storm disasters. **Prehosp Disaster Med.**, v. 32, n. 5, p. 568-579, 2017.

⁶⁰ XIU-GEE, M. R. et al. The effect of natural disasters on cancer care: a systematic review. **The Lancet Oncology**, v. 19, n. 9, p. e482-e499, 2018.

Desastres também podem ter impacto na mortalidade, não só de forma imediata e direta, mas também a curto e médio prazo, motivo pelo qual o monitoramento e quantificação da mesma são desafios importantes (GREEN et al., 1990a⁶¹). Os impactos consequentes de desastres podem se prolongar no espaço e no tempo assim como se intensificar a partir das ações reparatórias implementadas nessas situações (WYK et al., 2013⁶²).

1.5.1 Saúde física

As pesquisas comparando padrões de morbidade e mortalidade antes e depois de um desastre são importantes indicadores para compreender os impactos provocados por eles (MACHADO DE FREITAS et al., 2019⁶³; SAULNIER, 2017). Um número de estudos já tem indicado que os indivíduos expostos a desastres possuem piores indicadores de saúde que seus pares não expostos (AHERN et al., 2005⁶⁴).

Por exemplo, existem evidências que indicam que a mortalidade relacionada com desastres pode se estender ao longo do tempo. Um estudo sobre inundações na cidade de Bristol, no Reino Unido, relatou um aumento de 50% nas mortes por todas as causas na população atingida um ano após o desastre, e de forma mais pronunciada entre os indivíduos de 45 a 64 anos de idades (BENNET, 1970⁶⁵).

No Brasil, no semestre após as inundações e deslizamentos de terra de novembro de 2008, em Santa Catarina, houve um aumento em internações por acidentes vasculares cerebrais (AVC), fraturas e doenças infecciosas como leptospirose (XAVIER et al., 2014⁶⁶).

Em 2011, a sequência de desastres desencadeada pelo tsunami em Fukushima, no Japão, levou a um aumento na mortalidade em toda a região, em especial devido a

⁶¹ GREEN, B. L. et al. Buffalo Creek survivors in the second decade: comparison with unexposed and nonlitigant groups. **Journal of Applied Social Psychology**, v. 20, p. 1033-1050, 1990a.

⁶² WYK, D.; REYNEKE, S.; FREEK C. Local communities and health disaster management in the mining sector: **Jâmbá: Journal of Disaster Risk Studies**, v. 5, n. 2, p. 1-12, 2013.

⁶³ MACHADO DE FREITAS, C. et al. Mining dam disasters: lessons from the past for reducing current and future risks. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, n. 1, 2019.

⁶⁴ AHERN, M.; KOVATS, R. Sari; WILKINSON, Paul; FEW, Roger; MATTHIES, Franziska. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. **Epidemiologic Reviews**, v. 27, n. 1, p. 36-46 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/epirev/mxi004>.

⁶⁵ BENNET, G. Controlled survey of effects on health of local community disaster. **Br Med J**, v. 3, p. 454-458, 1970.

⁶⁶ XAVIER, D. R.; BARCELLOS, C.; FREITAS, C. M. Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, p. 273-294, 2014.

doenças cardiovasculares, assim como também entre idosos, mesmo entre os hospitalizados devido ao desastre (TODA et al., 2017⁶⁷).

O furacão Maria atingiu Porto Rico, em setembro de 2017, e, além das 64 mortes imediatas, causou aumento da mortalidade no período até cinco meses após o evento, considerando os cenários de deslocamento da população: 2.975 mortes foram atribuídas ao furacão — 46 vezes maior que as 64 mortes ocorridas durante a passagem do furacão —, bem como um aumento significativo de cerca de 40% na mortalidade nos municípios do país (MILKEN, 2018⁶⁸).

Um estudo longitudinal com sobreviventes expostos à contaminação pelo ar após o ataque ao World Trade Center, na cidade de Nova York, em 2001, mostrou que os indivíduos expostos à nuvem de poeira tiveram risco aumentado para o desenvolvimento de asma de início recente assim como de transtornos mentais e estresse pós-traumático cinco a seis anos após o incidente (BRACKBILL et al., 2009⁶⁹). Estes efeitos estiveram associados tanto à exposição direta à nuvem tóxica quanto à exposição prolongada a efeitos traumáticos.

1.5.2 Saúde mental

Estudos controlados após desastres indicaram a presença de impactos negativos à saúde mental em vários estudos referentes a desastres naturais (BRAVO et al., 1990⁷⁰; GOENJIAN, 1994⁷¹; MURPHY, 1984⁷²; ARAKI, 1995⁷³; NORRIS; PHIFER; KANIASTY, 1994⁷⁴; SHORE; TATUM; VOLLMER, 1986⁷⁵). Também foram observados impactos

⁶⁷ TODA, H.; NOMURA, S.; GILMOUR, S. et al. Assessment of medium-term cardiovascular disease risk after Japan's 2011 Fukushima Daiichi nuclear accident: a retrospective analysis. **BMJ Open**, v. 7, n. 12, 2017.

⁶⁸ MILKEN INSTITUTE SCHOOL OF PUBLIC HEALTH. **Ascertainment of the estimated excess mortality from hurricane María in Puerto Rico**. Washington: George Washington University, 2018.

⁶⁹ BRACKBILL, R. M. et al. Asthma and posttraumatic stress symptoms 5 to 6 years following exposure to the World Trade Center terrorist attack. **Jama**, v. 302, n. 5, p. 502-516, 2009.

⁷⁰ BRAVO, M. et al. The psychological sequelae of disaster stress prospectively and retrospectively evaluated. **American Journal of Community Psychology**, v. 18, n. 5, p. 661-680, 1990.

⁷¹ GOENJIAN, A. K. et al. Post-traumatic stress disorder in elderly and younger adults after the 1988 earthquake in Armenia. **American Journal of Psychiatry**, v. 151, 895-901, 1994.

⁷² MURPHY, S. Stress levels and health status of victims of a natural disaster. **Research in Nursing and Health**, v. 1, n. 3, p. 205-215, 1984.

⁷³ ARAKI, K. Mental health activities for evacuees of the volcanic eruption of Mt. Unzen-Fugen — crisis intervention of a psychiatrist. **Seishin Shinkeigaku Zasshi**, v. 97, n. 6, p. 430-444, 1995.

⁷⁴ NORRIS, F. H.; PHIFER, J. F.; KANIASTY, K. *Individual and community reactions to the Kentucky floods: findings from a longitudinal study of older adults*. In: URSANO, R. J.; MCCAUGHEY, B. G.; FULLERTON, C. S. (Ed.). **Individual and community responses to trauma and disaster: the structure of human chaos**, p. 378-400, 1994.

⁷⁵ SHORE, J.; TATUM, E.; VOLLMER, W. Psychiatric reactions to disaster: The Mount St. Helens experience. **American Journal of Psychiatry**, 1986.

duradouros em adultos na maioria dos estudos realizados sobre desastres tecnológicos (BAUM et al., 1983⁷⁶; BAUM; GATCHEL; SCHAEFFER, 1983⁷⁷; BROMET; PARKINSON; DUNN, 1990⁷⁸; DAVIDSON; FLEMING; BAUM, 1986⁷⁹; GREEN et al., 1990a⁸⁰; HOLEN, 1991⁸¹; PALINKAS et al., 1993⁸²; SMITH et al., 1986⁸³).

Desastres tecnológicos podem produzir impactos ainda mais longos, por exemplo, após o desastre de Three Mile Island, no qual uma instalação nuclear vazou radioatividade; impactos psicológicos negativos foram detectados até cinco anos depois de ocorrido o desastre (DAVIDSON; FLEMING; BAUM et al., 1986⁸⁴). Sobreviventes de um colapso da plataforma de petróleo mostraram um aumento da incidência de licenças médicas relacionados com problemas de saúde por oito anos (HOLEN, 1991⁸⁵). A associação entre a presença e gravidade de fatores de exposição aos impactos de um desastre e a existência de consequências psicológicas negativas foi demonstrada em diversas ocasiões em adultos e crianças (BROMET et al., 1990⁸⁶; FREEDY et al., 1992⁸⁷, 1994⁸⁸;

⁷⁶ BAUM, A.; FLEMING, R.; DAVIDSON, L. Natural disaster and technological catastrophe. **Environment and Behavior**, v. 15, n. 3, p. 333-354, 1983.

⁷⁷ BAUM, A.; GATCHEL, R. J.; SCHAEFFER, M. A. Emotional, behavioral, and physiological effects of chronic stress at Three Mile Island. **Journal of Consulting and Clinical Psychology**, v. 51, n. 4, p. 565, 1983.

⁷⁸ BROMET, E.; PARKINSON, D.; DUNN, L. Long-term mental health consequences of the accident at Three Mile Island. **International Journal of Mental Health**, v. 19, n. 2, p. 48-60, 1990.

⁷⁹ DAVIDSON, L.; FLEMING, I.; BAUM, A. Post-traumatic stress as a function of chronic stress and toxic exposure. In: FIGLEY, C. (Ed.). **Trauma and its wake**, 1986. v. 2, p. 57-77.

⁸⁰ GREEN, B. L. et al. Buffalo Creek survivors in the second decade: comparison with unexposed and nonlitigant groups. **Journal of Applied Social Psychology**, v. 20, p. 1033-1050, 1990a.

⁸¹ HOLEN, A. A longitudinal study of the occurrence and persistence of post-traumatic health problems in disaster survivors. **Stress Medicine**, v. 7, n. 1, p. 11-17, 1991.

⁸² PALINKAS, L.; DOWNS, M.; PATTERSON, J.; RUSSELL, J. Social, cultural, and psychological impacts of the Exxon Valdez oil spill. **Human Organization**, v. 52, p. 1-13, 1993.

⁸³ SMITH, E. M. et al. Psychosocial consequences of a disaster. In: SHORE, J. H. (Ed.). **Disaster stress studies: new methods and findings**. Washington, DC: American Psychiatric Press. Spitzer, RL, 1986.

⁸⁴ DAVIDSON, L.; FLEMING, I.; BAUM, A. Post-traumatic stress as a function of chronic stress and toxic exposure. In: FIGLEY, C. (Ed.). **Trauma and its wake**, 1986. v. 2, p. 57-77.

⁸⁵ HOLEN, A. A longitudinal study of the occurrence and persistence of posttraumatic health problems in disaster survivors. **Stress Medicine**, v. 7, n. 1, p. 11-17, 1991.

⁸⁶ BROMET, E.; PARKINSON, D.; DUNN, L. Long-term mental health consequences of the accident at Three Mile Island. **International Journal of Mental Health**, v. 19, n. 2, p. 48-60, 1990.

⁸⁷ FREEDY, J. R. et al. Towards an understanding of the psychological impact of natural disasters: an application. **Journal of Traumatic Stress**, v. 5, n. 3, p. 441-454, 1992.

⁸⁸ FREEDY, J. R. et al. Understanding acute psychological distress following natural disaster. **Journal of Traumatic Stress**, v. 7, n. 2, p. 257-273, 1994.

GALANTE e FOA, 1986⁸⁹; GIESER et al., 1981⁹⁰; GOENJIAN et al., 1994⁹¹; MCFARLANE; POLICANSKY, 1987⁹²; MURPHY, 1984⁹³; PYNOOS et al., 1993⁹⁴; SHORE et al., 1986⁹⁵; WEISAETH, 1989⁹⁶).

As consequências de um evento que “produz uma perturbação grave do funcionamento de uma comunidade...”, como o desastre aqui estudando, alteram o equilíbrio, às vezes sutil, entre o estado de saúde e o surgimento da doença em indivíduos e populações atingidas. Eventos críticos desta natureza (com impacto no ambiente, geografia, paisagem, assim como nos aspectos económicos, sociais, de trabalho dos impactados) têm também efeitos sobre a saúde das pessoas e as comunidades, independentemente de estarem exclusivamente relacionados com o tipo de elemento tóxico envolvido.

Isto significa que, mesmo passado um longo período de tempo depois do evento, é plausível observar a emergência de um padrão consistente entre a exposição e o surgimento de desfechos negativos à saúde dos indivíduos expostos a desastres, inclusive quando não for possível associar univocamente todas as diferenças de exposição a desfechos particulares. Por outra parte, impactos à saúde mental, mesmo muito tempo depois de um desastre, ficaram demonstrados no acompanhamento de adultos sobreviventes do rompimento da barragem de rejeitos de carvão na mina de Buffalo Creek, em 1972. Um estudo mostrou a existência de problemas de saúde mental

⁸⁹ GALANTE, R.; FOA, D. An epidemiological study of psychic trauma and treatment effectiveness for children after a natural disaster. **Journal of the American Academy of Child Psychiatry**, v. 25, n. 3, p. 357-363, 1986.

⁹⁰ GIESER, G. C.; GREEN, B. L.; WINGET, C. N. **Prolonged psychosocial effects of disaster: a study of Buffalo Creek**. Nova York: Academic Press, 1981.

⁹¹ GOENJIAN, A. K. et al. Post-traumatic stress disorder in elderly and younger adults after the 1988 earthquake in Armenia. **American Journal of Psychiatry**, v. 151, p. 895-901, 1994.

⁹² MCFARLANE, A.; POLICANSKY, S.; IRWIN, C. A longitudinal study of the psychological morbidity in children due to a natural disaster. **Psychological Medicine**, v. 17, n. 3, p. 727-738, 1987.

⁹³ MURPHY, S. Stress levels and health status of victims of a natural disaster. **Research in Nursing & Health**, v. 7, n. 3, p. 205-215, 1984.

⁹⁴ PYNOOS, R. et al. Post-traumatic stress reactions in children after the 1988 Armenian earthquake. **The British Journal of Psychiatry**, v. 163, n. 2, p. 239-247, 1993.

⁹⁵ SHORE, J.; TATUM, E.; VOLLMER, W. Psychiatric reactions to disaster: the Mount St. Helens experience. **The American Journal of Psychiatry**, 1986.

⁹⁶ WEISAETH, L. The stressors and the post-traumatic stress syndrome after an industrial disaster. **Acta Psychiatrica Scandinavica**, v. 80, p. 25-37, 1989.

na população atingida, mesmo passados 14 anos desde aquele desastre (GREEN et al., 1990a e b⁹⁷; GIESER; GREEN; WINGET, 1981⁹⁸; GREEN, 1995⁹⁹).

Embora estudos referentes à saúde das pessoas atingidas por um desastre sejam primeiramente realizados em um curto intervalo de tempo, os danos à saúde podem surgir muito tempo depois, seja como consequência de períodos de exposição prolongados aos contaminantes produzidos ou liberados ao meio, ou devido à própria natureza dos agravos (por exemplo, condições de saúde que se manifestam após um período de latência). No caso de desastres envolvendo materiais de origem química (como os metais pesados presentes ou remobilizados a partir do desastre da Barragem de Fundão, em 2015, ou no desastre da Barragem do Feijão, em 2019), os impactos podem durar anos, exigindo longos períodos de pesquisa, monitoramento, vigilância e assistência à saúde dos impactados (LUCCHINI et al., 2017¹⁰⁰).

Os danos à saúde podem, portanto, surgir a curto, médio e longo prazo. Dependendo do tipo de desastre, diferentes tipos de agravos podem vir a manifestar-se nas populações de atingidos ao longo do tempo. A epidemiologia é uma aliada importante nas pesquisas de desastres e sua relação com a saúde das populações impactadas, já que a própria essência desta disciplina é a de estudar os determinantes de saúde de populações específicas, em tempos determinados, e procurar a relação de agravos existentes com seus fatores de exposição e risco. A epidemiologia ajuda, não só a compreender a saúde de uma população, senão também pode contribuir para o monitoramento e auxílio no controle de doenças e agravos de saúde.

1.6 Métodos epidemiológicos e desastres

Os métodos epidemiológicos podem ser utilizados para descrever os impactos relacionados com desastres em populações atingidas (MALILAY et al., 2014¹⁰¹; NOJI,

⁹⁷ GREEN, B. L. et al. Buffalo Creek survivors in the second decade: comparison with unexposed and nonlitigant groups. **Journal of Applied Social Psychology**, v. 20, p. 1033-1050, 1990a.

GREEN, B. L. et al. Buffalo Creek survivors in the second decade: stability of stress symptoms. **American Journal of Orthopsychiatry**, v. 60, n. 1, p. 43-54, 1990b.

⁹⁸ GIESER, G. C.; GREEN, B. L.; WINGET, C. N. **Prolonged psychosocial effects of disaster: a study of Buffalo Creek**. Nova York: Academic Press, 1981.

⁹⁹ GREEN B. L. Long-term consequences of disasters. In: HOBFOLL, S. E.; DE VRIES, M. W. (Ed.). **Extreme stress and communities: impact and intervention**. NATO ASI Series (Series D: Behavioural and Social Sciences), v. 80, 1995.

¹⁰⁰ LUCCHINI R. G. et al. A comparative assessment of major international disasters: the need for exposure assessment, systematic emergency preparedness, and lifetime health care. **BMC Public Health**, v. 17, n. 1, p. 1-12, 2017.

¹⁰¹ MALILAY, Josephine; HEUMANN, Michael; PERROTTA, Dennis; WOLKIN, Amy F.; SCHNALL, Amy H.; PODGORNICK, Michelle N.; CRUZ, Miguel A.; HORNEY, Jennifer A.; ZANE, David; ROISMAN, Rachel; GREENSPAN, Joel R.; THOROUGHMAN, Doug; ANDERSON,

1997¹⁰²). Estes métodos se caracterizam por abordagens científicas utilizadas na prática da epidemiologia, e incluem vigilância, observação, teste de hipóteses, análises e modelagens estatístico-matemáticas que permitem compreender a distribuição e evolução das doenças ou agravos de uma população ao longo do tempo. Estes métodos fornecem informações sobre os impactos potenciais a curto e longo prazo na saúde das pessoas e permitem caracterizar riscos, avaliar necessidades médicas imediatas da população e dos sistemas de saúde, assim como rastrear consequências para saúde pública a médio e longo prazo.

Estas metodologias podem contribuir para compreender as consequências de um desastre para a população atingida assim como para os serviços de saúde, e por sua vez subsidiar o desenho e implementação de intervenções de saúde apropriadas que permitam melhorar o planejamento de esforços de intervenção, recuperação e mitigação. Métodos epidemiológicos foram desenvolvidos para avaliar o escopo dos problemas de saúde pública em comunidades e compreender quem, quando e onde ocorre adoecimento.

Embora estudos referentes à saúde das pessoas atingidas por um desastre normalmente sejam realizados logo após o evento, os danos à saúde podem surgir muito tempo depois de um desastre como consequência de longos períodos de exposição a eventuais contaminantes produzidos ou liberados ao meio ou devido à própria natureza dos agravos (por exemplo, condições de saúde que só se manifestam após longos período de tempo). A modo de exemplo, um estudo longitudinal com sobreviventes expostos à contaminação pelo ar após o ataque ao World Trade Center em Nova York (2001) mostrou que os indivíduos expostos à nuvem de poeira tiveram risco aumentado para o desenvolvimento de asma de início recente assim como de transtorno de estresse pós-traumático cinco a seis anos após o incidente (BRACKBILL et al., 2009¹⁰³). Por outra parte, os impactos dos desastres, particularmente tecnológicos, na saúde mental das populações atingidas têm o potencial de afetar a saúde mental por longos períodos de tempo. Isto ficou demonstrado no acompanhamento feito em adultos sobreviventes do rompimento da barragem de represamento de rejeitos de carvão da mina de Buffalo Creek, em 1972, que mostraram problemas de saúde mental ainda 14 anos depois desse desastre.

Henry A.; WELLS, Eden V.; SIMMS, Erin F. The role of applied epidemiology methods in the disaster management cycle. **American Journal of Public Health**, v. 104, n. 11, nov. 2014.

¹⁰² NOJI, E. K. The uses of epidemiologic methods in disasters. In: ____ (Ed.). **The public health consequences of disasters**. Nova York, NY: Oxford University Press, 1997.

¹⁰³ BRACKBILL, R. M. et al. Asthma and posttraumatic stress symptoms 5 to 6 years following exposure to the World Trade Center terrorist attack. **Jama**, v. 302, n. 5, p. 502-516, 2009.

Existem diferentes desenhos de estudos epidemiológicos que permitem estudar as consequências para a saúde após um desastre. Os estudos epidemiológicos neste contexto têm como principal característica sua natureza observacional em contraposição a estudos em que a variável de exposição pode ser alocada aos participantes de forma aleatória, como no caso dos ensaios clínicos ou de estudos laboratoriais em cobaias, denominados estudos experimentais. Uma segunda característica a ser considerada é referente à possibilidade de reconstrução das experiências dos participantes quanto à intensidade de exposição aos fatores de risco assim como quanto aos agravos à saúde provocados por estes fatores de risco. Os estudos longitudinais e transversais representam extremos desta dimensão. Nos estudos longitudinais, a experiência da coorte foco de interesse é observada de forma contínua com uma caracterização detalhada das possíveis transições dos estados de exposição (exposto e não exposto) assim como dos estados de agravos (doente e não doente).

1.6.1 Causalidade

A atribuição de interpretações causais em epidemiologia possui diferentes abordagens (ROTHMAN et al., 2008¹⁰⁴). Entre elas, os critérios propostos por Hill (HILL, 1965¹⁰⁵) exercem, ainda hoje, especial influência na produção científica da área. Estes critérios são em número de nove, a saber: temporalidade (A causa precede o efeito?); plausibilidade (A associação estatística em foco é compatível com o conhecimento existente?); consistência (Resultados similares são observados em outros estudos?); intensidade da associação (Qual a força da associação entre causa e efeito?); dose-resposta (A intensidade do efeito é proporcional à intensidade da causa?); reversibilidade (Remoção da causa diminui o risco de observação do efeito?); desenho de estudo (A evidência é baseada em desenho de estudo robusto?); evidência (Quantas linhas de evidência levam à conclusão?); analogia.

É importante observar que os critérios enunciados não são condições necessárias nem suficientes para o estabelecimento de uma relação causal. Segundo suas próprias palavras, Hill nos alerta para que “Nenhum dos meus nove pontos de vista pode trazer evidências indiscutíveis a favor ou contra a hipótese de causa e efeito e nenhum pode ser exigido como condição *sine qua non*. O que eles podem fazer, com maior ou menor

¹⁰⁴ ROTHMAN, K. J.; GREENLAND, S.; LASH, T. L. **Modern epidemiology**. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2008.

¹⁰⁵ HILL, A. B. The environment and disease: association or causation? **Proceedings of the Royal Society of Medicine**, v. 58, n. 5, p. 295-300, 1965.

força, é nos ajudar a decidir sobre a questão fundamental — existe alguma outra maneira de explicar o conjunto de fatos diante de nós, existe alguma outra resposta igualmente, ou mais, provável do que causa e efeito?

Mais recentemente, o estabelecimento de relações causais em epidemiologia se apoia em critérios desenvolvidos no campo da “inferência causal” (HERNÁN; ROBINS, 2020¹⁰⁶). Nossa adaptação destes critérios para o contexto de estudos observacionais é motivada e facilitada pela ferramenta ROBINS-I (STERNE et al., 2016¹⁰⁷) que procura identificar sete domínios distintos por meio dos quais vieses podem ser introduzidos em estudos observacionais ao serem analisados e interpretados como se fossem estudos experimentais. Durante a análise consideramos a possibilidade da presença de confusão e seleção de áreas que possam expressar diferenças já existentes entre as populações a serem comparadas antes da data do desastre (“linha de base”), assim como vieses que interferem com a comparação entre grupos no período que se segue à data de ocorrência do desastre: vieses devido a dados ausentes, medição de resultados e seleção do resultado relatado.

1.7 Bancos de dados do DATASUS

Como parte da investigação dos impactos à saúde da população atingida pelo rompimento da Barragem de Fundão nós propomos analisar as informações nos Sistema de Informações à Saúde do DATASUS. Aqui são apresentados os resultados provenientes da mineração e análise de dados dos bancos do SIS: Sistema de Informações Ambulatoriais do SUS (SIA), Sistema de Informações de Mortalidade do SUS (SIM), Sistema de Informações de Hospitalizações do SUS (SIH) e Sistema de Informações de Agravos de Notificação do SUS (SINAN).

1.7.1 SIA — Sistema de informações ambulatoriais do SUS

O SIA foi criado em 1992 e implantado a partir de julho de 1994. Ele é processado nas Unidades Ambulatoriais credenciadas pelo SUS e elas têm a finalidade de garantir o registro dos quantitativos e valores a serem pagos aos Prestadores de Serviços, produzindo informações locais que são consolidadas em nível nacional. Ele oferece informações sobre capacidade operacional dos prestadores de serviço (públicos e

¹⁰⁶ HERNÁN, M. A.; ROBINS, J. M. **Causal inference: what if**. Boca Raton: Chapman & Hall/CRC, 2010.

¹⁰⁷ STERNE, J. A. C. et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomized studies of interventions. **BMJ**, 2016.

privados), orçamento e controle dos repasses dos recursos financeiros, custeio das Unidades Ambulatoriais, administração das atividades ambulatoriais em nível nacional.

Mensalmente os gestores, além de gerar os valores devidos a sua rede de estabelecimentos, enviam ao DATASUS-RJ uma base de dados contendo a totalidade dos procedimentos realizados em sua gestão. Também mensalmente o DATASUS gera arquivos contendo estes atendimentos, o que permite ter uma noção dos principais atendimentos prestados pelas unidades básicas de saúde e dos principais agravos que levam a população aos atendimentos ambulatoriais.

1.7.2 SINAN — Sistema de Informações de Agravos de Notificação do SUS

O SINAN foi implantado, de forma gradual, a partir de 1993. A partir de 1998, o uso do SINAN foi regulamentado (BRASIL, 1998¹⁰⁸), tornando obrigatória a alimentação regular da base de dados nacional pelos municípios, estados e Distrito Federal, bem como designando a Fundação Nacional de Saúde (Funasa), por meio do Cenepi, como gestora nacional do Sistema.

O SINAN tem registros de notificações e investigações de casos de doenças e agravos que constam da lista nacional de doenças de notificação compulsória (Portaria de Consolidação nº 4, de 28 de setembro de 2017, anexo V — Capítulo I). Ele tem abrangência em todo o território nacional, mas é facultado a estados e municípios incluir outros problemas de saúde importantes em sua região, como varicela no estado de Minas Gerais. As suas informações permitem a análise do perfil da morbidade e contribuem assim com a tomada de decisões em nível municipal, estadual e federal.

Sua utilização efetiva permite a realização do diagnóstico dinâmico da ocorrência de um evento na população, podendo fornecer subsídios para explicações causais dos agravos de notificação compulsória, além de vir a indicar riscos aos quais as pessoas estão sujeitas, contribuindo, assim, para a identificação da realidade epidemiológica de determinada área geográfica.

¹⁰⁸ BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Portaria n. 73**, de 09 de março de 1998. Constitui comissão para desenvolver os instrumentos, definir fluxos e um novo software do SINAN. Boletim de Serviço da Funasa: Brasília, 1998.

1.7.3 SIH — Sistema de Informações de Hospitalizações do SUS

Criado em agosto de 1981, o SIHSUS foi o primeiro sistema do DATASUS a ter captação implementada em microcomputadores e descentralizada nos próprios usuários, encerrando a era dos polos de digitação.

A finalidade do Sistema SIHSUS é registrar todos os atendimentos provenientes de internações hospitalares que foram financiadas pelo SUS, e a partir deste processamento gerar relatórios para que os gestores possam fazer os pagamentos dos estabelecimentos de saúde.

Além disso, o nível Federal recebe mensalmente uma base de dados de todas as internações autorizadas (aprovadas ou não para pagamento) para que possam ser repassados às Secretarias de Saúde os valores de Produção de Média e Alta complexidade, além dos de Hospitais Universitários — em suas variadas formas de contrato de gestão.

1.7.4 SIM — Sistema de Informações de Mortalidade do SUS

O Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) foi criado pelo DATASUS para a obtenção regular de dados sobre mortalidade no país. A partir da criação do SIM foi possível a captação de dados sobre mortalidade, de forma abrangente, para subsidiar as diversas esferas de gestão na saúde pública. Com base nessas informações é possível realizar análises de situação, planejamento e avaliação das ações e programas na área. Assim ele permite a Produção de estatísticas de mortalidade; a construção dos principais indicadores de saúde; e Análises estatísticas, epidemiológicas e sociodemográficas.

É importante apontar aqui que existem diferenças no registro dos agravos nestes sistemas, levando a inconsistências dos resultados. O SIA e o SIH são, do ponto de vista do registro de agravos e doenças, os bancos mais completos. Já o SINAN, embora muito importante para a vigilância em saúde de doenças transmissíveis e com potencial epidêmico, possui um maior índice de subnotificação ou de sub-registros, produzindo fragilidades que refletem na qualidade dos dados deste banco.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição da estratégia de mineração dos Bancos de dados: SIA, SIH, SIM e SINAN

Dados do Sistema de Informação ambulatorial (SIA), do Sistema de Informações de Mortalidade (SIM) e do Sistema de Informações Hospitalares (SIH) foram obtidos por meio dos servidores de *file transfer protocol* (FTP) do Ministério da Saúde, no formato proprietário DBC. Estes arquivos foram então convertidos em arquivos *comma separated value* (CSV) para posterior processamento.

Dados do Sistema Nacional de Agravos de Notificação (SINAN) foram obtidos por meio do sistema TabNet do DATASUS. Por fim, dados populacionais por município e por ano (censo e projeções) foram obtidos por meio do DATASUS (baseado em informações do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE).

Programas na linguagem R (versão 4.0.4) foram escritos para processar estes dados e produzir figuras e tabelas. Utilizamos para o processamento os pacotes tidyverse (WICKAM et al., 2019¹⁰⁹) e microdatasus (SALDANHA, 2021¹¹⁰). Para a confecção de figuras, foi utilizado primariamente o pacote ggplot2 (WICKAM, 2016¹¹¹). Para cada banco um processamento multiestágio foi executado: as ocorrências de CID, município de residência, mês e ano foram agregadas e contadas. Depois disso as tabelas foram suplementadas da informação populacional e, por fim, a informação sobre capítulo CID (ver Quadro 3) foi adicionada de modo a possibilitar a tabulação por capítulo.

Para o SIA 59.107.425 registros de 8.478 agravos foram analisados, com 141 dos 145 municípios analisados apresentando pelo menos um registro (agravo/mês/ano) no período analisado. Para o SIH, 4.651.905 registros de 7.695 agravos foram analisados, com todos os 145 municípios representados na amostra. Para o SIM, 495.123 registros de 3.834 causas de morte (agravos) foram analisados, com todos os 145 municípios analisados representados na amostra (ver Tabela 1).

¹⁰⁹ WICKHAM, H. et al. Welcome to the tidyverse. **Journal of Open Source Software**, v. 4, n. 43, 2019.

¹¹⁰ SALDANHA, R. F. **Microdatasus**: download and preprocess DataSUS files. R package version 0.3.0, 2021. Disponível em: <https://github.com/rfsaldanha/microdatasus>.

¹¹¹ WICKHAM, H. **ggplot2**: elegant graphics for data analysis. Nova York: Springer-Verlag, 2016.

Tabela 1 — Números de agravos (tipos de CID) e ocorrências (casos) nos bancos SIA, SIH e SIM, por capítulo CID

Capítulo	SAI		SIH		SIM	
	Agravos	Ocorrências	Agravos	Ocorrências	Agravos	Ocorrências
Cap_1	560	1.365.545	602	290.856	312	23.183
Cap_2	725	5.027.873	710	313.819	552	87.772
Cap_3	152	259.669	142	38.065	96	2.857
Cap_4	305	1.918.959	294	124.017	203	29.597
Cap_5	398	11.471.295	340	103.464	137	7.418
Cap_6	332	5.542.036	279	78.339	165	15.084
Cap_7	366	3.854.307	205	47.486	4	8
Cap_8	0	0	94	6.398	12	77
Cap_9	369	1.381.329	370	539.522	295	145.553
Cap_10	224	1.398.614	212	464.871	151	58.556
Cap_11	400	1.164.493	396	429.445	270	27.169
Cap_12	289	853.531	232	81.761	54	2.083
Cap_13	549	7.568.246	503	109.676	167	2.680
Cap_14	411	7.142.970	403	331.966	163	14.350
Cap_15	291	80.230	392	910.374	103	522
Cap_16	182	4.4632	289	10.3251	215	8.837
Cap_17	509	208.504	494	28.265	260	4.667
Cap_18	284	1.720.943	228	74.987	87	36.009
Cap_19	1098	2.315.874	1105	485.451	0	0
Cap_20	503	34.830	105	613	588	28.701
Cap_21	531	5.753.545	300	89.279	NA	NA

Fonte: DATASUS (2021).

2.2 Classificação dos capítulos do Código de Identificação de Doenças, versão 10 (CID-10)

As ocorrências ou agravos de saúde são classificadas de acordo com uma classificação internacional de doenças denominada CID-10. No quadro a seguir estão apresentadas

as denominações e características dos agravos registrados em cada capítulo do CID-10 presentes neste trabalho.

Quadro 3 — Descrição dos códigos internacionais de doenças por capítulo CID-10 e dos agravos e doenças em cada um deles

Capítulo	Códigos	Agravos ou Doenças
I	A00-B99	Algumas doenças infecciosas e parasitárias Abrange doenças causadas por parasitas, como cólera, amebíase, tuberculose, viroses e micoses. Agrupa as doenças infecciosas causadas por bactérias, fungos, protozoários e vírus.
II	C00-D48	Neoplasmas (tumores) Todos os tipos de carcinoma, independentemente de ele ser maligno ou benigno, bem como a região que atinge.
III	D50-D89	Doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos e alguns transtornos imunitários Doenças do sangue, incluindo os transtornos de formação de células sanguíneas e disfunções imunológicas.
IV	E00-E90	Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas Distúrbios hormonais e de metabolismo, e abrange doenças como diabetes, hipotireoidismo, problemas no pâncreas e nas adrenais, e desnutrição.
V	F00-F99	Transtornos mentais e comportamentais Entre eles está a depressão, a esquizofrenia, fobias, transtornos emocionais, dependências e abstinências.
VI	G00-G99	Doenças do sistema nervoso Distúrbios como encefalites, esclerose, atrofia muscular, paralisia cerebral e doenças degenerativas e inflamatórias.
VII	H00-H59	Doenças do olho e anexos Todos os problemas ligados à visão humana. Entre as doenças presentes neste capítulo estão catarata, conjuntivite, glaucoma e outros transtornos que podem atingir as pálpebras, a íris e o cristalino.
VIII	H60-H95	Doenças do ouvido e da apófise mastoide Todas as doenças que atingem os ouvidos e a audição.
IX	I00-I99	Doenças do aparelho circulatório Problemas de coração e no sistema circulatório, como hipertensão, cerebrovascular, angina e febre reumática.
X	J00-J99	Doenças do aparelho respiratório Doenças que atingem o sistema respiratório, como rinite, sinusite, gripe, faringite, edema e infecções pulmonares.
XI	K00-K93	Doenças do aparelho digestivo Alguns transtornos do aparelho digestivo, como doenças intestinais e hepáticas e alguns problemas da cavidade oral, como cáries e gengivites.

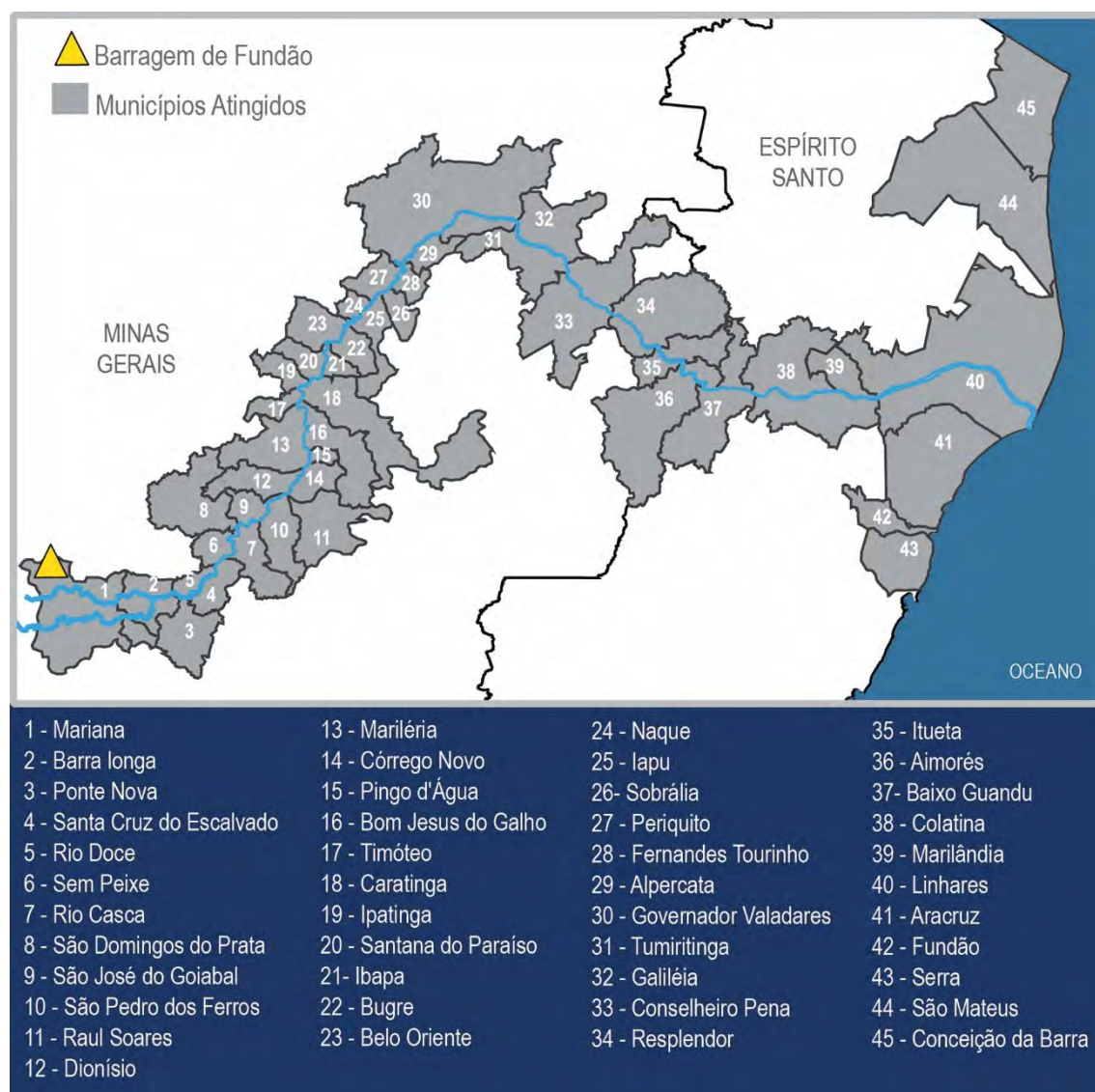
Capítulo	Códigos	Agravos ou Doenças
XII	L00-L99	Doenças da pele e do tecido subcutâneo Doenças como urticária, dermatites, celulite e bolhas.
XIII	M00-M99	Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo Doenças como as artroses, as artrites, transtornos dos tecidos moles, transtornos da densidade e da estrutura óssea, pé chato, problemas no joelho, meniscos e outras deformidades que acometem esse sistema.
XIV	N00-N99	Doenças do aparelho geniturinário Reúne problemas nos órgãos genitais do sistema urinário. Neste capítulo também estão as doenças que atingem as mamas.
XV	O00-O99	Gravidez, parto e puerpério Reúne tipos de complicações que podem acontecer durante a gestação, como pré-eclâmpsia, trombose, infecções e complicações pulmonares e gravidez que termina em aborto.
XVI	P00-P96	Algumas afecções originadas no período perinatal Todos os tipos de doenças, disfunções e complicações que acontecem próximo ao nascimento de um bebê, entre elas hemorragias, traumas, displasias, fraturas, infecções, isquemia e hipóxia.
XVII	Q00-Q99	Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas Alterações cromossômicas e outras anomalias indesejadas do processo de desenvolvimento do feto, que acometem qualquer parte do corpo de uma criança.
XVIII	R00-R99	Sintomas, sinais e achados anormais de exames clínicos e de laboratório, não classificados em outra parte Este é o grupo de doenças mais indefinido e que apresenta sintomas que não foram diagnosticados, apresentando resultados fora do normal.
XIX	S00-T98	Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas Lesões como queimaduras, envenenamentos, intoxicação e machucados pelo corpo.
XX	V01-Y98	Causas externas de morbidade e de mortalidade As causas de morte motivadas pelo meio externo, como acidentes de trânsito e outros eventos, como afogamento, esmagamento e quedas.
XXI	Z00-Z99	Fatores que influenciam o estado de saúde e o contato com os serviços de saúde Como doenças transmissíveis e pessoas que representam um risco a si mesmas e a outros pacientes, assim como indivíduos que têm dificuldade em encontrar e ter acesso ao atendimento básico.
XXII	U00-U99	Códigos para propósitos especiais Como designação provisória de novas doenças de etiologia incerta, agentes bacterianos resistentes a antibióticos, síndrome respiratória aguda grave (SARS), agente resistente à penicilina (U80), zika, resistente à vancomicina.

Fonte: DATASUS (2021). <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/mxqid10.htm>>.

2.3 Municípios analisados

Todas as análises apresentadas neste produto foram realizadas sobre a população dos 45 municípios atingidos (Figura 3) e uma população de 100 municípios controle escolhidos nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (Figura 4).

Figura 3 — Mapa de localização dos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão nos estados de MG e ES



Fonte: Elaboração própria (2021).

O grupo de municípios controle foi escolhido a partir de um processo de pareamento baseado em características socioeconômicas fazendo uso da Distância de Mahalanobis.

Para cada município atingido foram selecionados três municípios controle, sendo permitida a reposição dos mesmos (isto é, um município não atingido pode ter sido pareado a mais de um município controle). O grupo controle foi construído por meio de pareamento entre os municípios utilizando a Distância de Mahalanobis. A Distância de Mahalanobis é uma métrica de similaridade baseada em características predefinidas dada pela expressão:

$$D_{m,n} = [(X_m - X_n)' \Sigma (X_m - X_n)]^{\frac{1}{2}}$$

Onde m e n são indexadores de municípios, $D_{m,n}$ é a medida de dissimilaridade entre os municípios m e n denominada Distância de Mahalanobis, X é um vetor com variáveis referentes a características municipais cuja similaridade está sendo considerada, e Σ é a matriz de covariância das características consideradas. Quanto mais distintos forem dois municípios em termos das variáveis em X , maior será o valor da Distância de Mahalanobis.

Para cada município atingido, o processo de pareamento executado consiste em calcular a Distância de Mahalanobis a todos os possíveis candidatos (municípios não atingidos de Minas Gerais e Espírito Santo) e formar uma quantidade fixa de “pares”. Os pares de cada município atingido são aqueles não atingidos dos quais a Distância de Mahalanobis retornou os menores valores — ou seja, as maiores semelhanças (seus “vizinhos mais próximos”). Para a análise, determinou-se que cada município atingido seria pareado a três não atingidos, e um município não atingido poderia ser simultaneamente par de mais de um atingido — isto é, pareamento com reposição.

A seleção de variáveis para o pareamento deve representar características importantes para explicar as variações observáveis, relacionadas com a determinação de o município ser atingido ou não. As variáveis consideradas para o pareamento (sempre referentes a municípios) e suas fontes são:

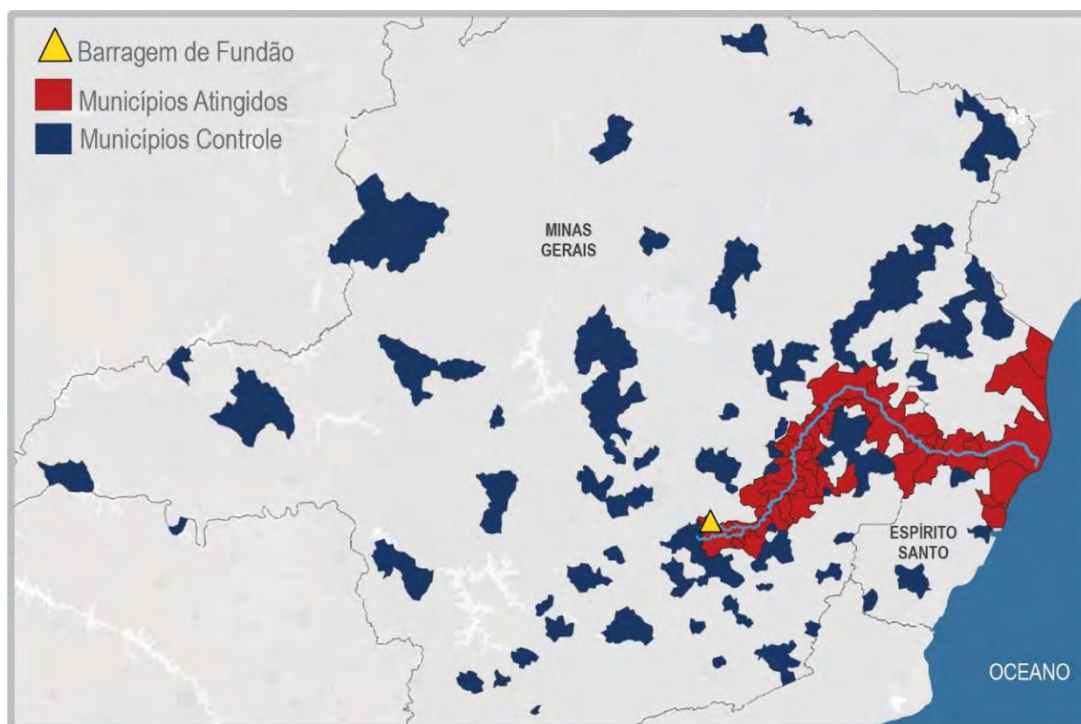
- Proporção da população composta por mulheres (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção da população composta por brancos (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção da população de mulheres com idade entre 18 e 29 anos (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção da população com Ensino Médio completo (Censo Demográfico 2010 (IBGE));

- Proporção da população que residia em zonas rurais (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção da população que estava ocupada (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção de ocupados em atividades de agropecuária e pesca (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção de ocupados em atividades de mineração (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção de ocupados em indústrias (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Proporção da população em empregos no setor formal (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Renda familiar *per capita* média (ln) (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Índice de Gini (Censo Demográfico 2010 (IBGE));
- Variável binária (*dummy*) de existência de guarda municipal (Pesquisa de Informações Básicas Municipais — MUNIC (IBGE));
- Variável binária (*dummy*) de existência de Centro de Referência Especializado de Assistência Social — CREAS (Registro Mensal de Atendimentos — RMA (Ministério da Cidadania)).

Por fim, para evitar pares com grandes diferenças em tamanho da população municipal, o processo de pareamento foi feito dentro de faixas populacionais. Os municípios foram divididos em cinco faixas de tamanho populacional em 2010 (calculado com base em dados do Censo Demográfico 2010 (IBGE)), sendo elas: (i) até 5 mil habitantes; (ii) de 5.001 a 10 mil hab.; (iii) de 10.001 a 20 mil hab.; (iv) de 20.001 a 50 mil hab.; e (v) acima de 50 mil hab. O processo de pareamento foi executado então dentro de cada faixa — um município atingido dentro de uma determinada faixa populacional só pôde ser pareado com outro município não atingido dentro dessa mesma faixa populacional.

A figura a seguir apresenta o mapa ilustrando os municípios selecionados para compor este grupo (Figura 4).

Figura 4 — Mapa de localização dos municípios controle MG e ES



Fonte: Elaboração própria (2021).

No quadro a seguir se apresentam os nomes dos municípios controle indicados no mapa da Figura 4.

Quadro 4 — Lista dos municípios controle utilizados no presente trabalho

Municípios Controle			
Amparo do Serra	Engenheiro Caldas	Matozinhos	Rubim
Araporã	Engenheiro Navarro	Mesquita	Santa Bárbara do Tugúrio
Bandeira	Frei Inocêncio	Monte Azul	Santa Maria do Salto
Barão de Monte Alto	Fronteira	Nanuque	Santana dos Montes
Betim	Igarapé	Nova Módica	Santa Rita de Minas
Brasília de Minas	Iguatama	Novorizonte	Santo Antônio do Gramma
Cana Verde	Inhapim	Olímpio Noronha	São Félix de Minas
Capim Branco	Inhaúma	Oliveira	São João Del Rei
Caranaíba	Ipanema	Onça de Pitangui	São João Evangelista
Carangola	Itabira	Oratórios	Senador Modestino Gonçalves
Carbonita	Itambacuri	Ouro Preto	Tarumirim
Carmésia	Itanhomi	Paracatu	Teixeiras
Cássia	Iturama	Pará de Minas	Teófilo Otoni
Cedro do Abaeté	Jacinto	Paraopeba	Tocantins
Centralina	Jaguaraçu	Passos	Uberlândia
Coimbra	Jequeri	Patos de Minas	Varginha
Conselheiro Lafaiete	João Monlevade	Paulistas	Virginópolis
Contagem	Juatuba	Pavão	Virgolândia
Cordislândia	Lamim	Peçanha	Volta Grande
Corinto	Lavras	Piedade de Ponte Nova	Cachoeiro de Itapemirim
Coronel Fabriciano	Leopoldina	Piracema	Cariacica
Coronel Pacheco	Luz	Piranga	Ecoporanga
Crisólita	Manhumirim	Poço Fundo	Montanha
Curvelo	Mantena	Pocrane	São José do Calçado
Dores do Turvo	Mateus Leme	Presidente Bernardes	São Roque do Canaã

Fonte: Elaboração própria (2021).

2.4 Incidências por 100 mil habitantes e incidências acumuladas

Para a comparação das incidências entre atingidos e controles se realizou o cálculo de incidências por 100 mil habitantes. Para isto, utilizamos as populações estimadas para cada ano entre 2008 e 2020 para o conjunto de municípios atingidos e controles (ressaltamos o fato de que as bases do DATASUS só vão até 2008 e, portanto, não pudemos avaliar os dados de 2005 a 2007). Os valores das populações estão indicados na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 — Dados populacionais (número de habitantes) de municípios atingidos e controles

Ano	Municípios atingidos MG-ES	Municípios controle MG-ES
2008	2.032.385	4.579.483
2009	2.055.385	4.617.527
2010	2.077.885	4.654.094
2011	2.103.257	4.693.154
2012	2.128.735	4.732.017
2013	2.162.731	4.770.478
2014	2.188.726	4.809.284
2015	2.215.058	4.848.936
2016	2.240.192	4.886.083
2017	2.264.910	4.922.191
2018	2.290.283	4.959.633
2019	2.315.151	4.997.133
2020	2.339.469	5.032.384

Fonte: Elaboração própria (2021), com dados do IBGE <<https://cidades.ibge.gov.br/>>.

2.5 Cálculo de riscos: risco relativo, risco atribuível e número de pessoas necessárias para provocar dano

As fórmulas a seguir foram utilizadas para o cálculo dos riscos, risco atribuível e Número de pessoas necessárias para provocar dano (NNH, pela sua sigla em inglês).

$$\text{Incidência acumulada (total de casos)} = \text{Área sob a curva de incidência} = \int \text{incidência}(t) dt;$$

$$\text{Risco} = 1 - e^{-\int \text{incidência}(t) dt};$$

$$\text{Risco atribuível (RA)} = (\text{Risco atingido} - \text{Risco controle});$$

$$\text{NNH} = 1/\text{RA}$$

Nesta estratégia de análise, iremos calcular os riscos dos agravos entre os indivíduos que habitam municípios atingidos em relação a indivíduos que habitam em municípios controle, mediante a integral da curva sob as séries temporais obtidas nos bancos do DATASUS.

Sabemos que a incidência, $Inc(t)$, de um agravo é dada pelo produto da densidade de incidência (número de casos novos por unidade de tempo *per capita*), λ , e o número de suscetíveis ao agravo, $S(t)$, ou seja:

$$Inc(t) = \lambda S(t)$$

A incidência dos agravos pode ser ajustada a uma função contínua que tem a forma:

$$Inc(t) = c_1 \exp\left[-\frac{(t-c_2)^2}{c_3}\right] + c_4$$

onde os c_i 's são os parâmetros de ajuste.

A razão de Riscos (RR) é definida como a relação entre os riscos absolutos dos atingidos pelos controles:

$$RR = \frac{\text{Risco}_{\text{atingidos}}}{\text{Risco}_{\text{controle}}}$$

2.6 Análises estatísticas

Para comparação entre os períodos pré e pós-rompimento da Barragem de Fundão, foi calculada a incidência cumulativa (acumulada) para cada período de tempo antes: 2011-2015 e depois: 2015-2019 do rompimento da barragem considerando o mesmo período

de tempo a fim de as incidências serem comparáveis. As incidências acumuladas foram calculadas mediante o cálculo da área sob a curva de incidências por 100 mil habitantes para cada período de tempo. Esta área pode ser estimada a partir da integral da função de incidência $I_s(t)$, onde $s = \{\text{atingido, controle}\}$ e $t = \text{tempo}$.

O valor da integral (área sobre a curva de incidência) foi aproximado utilizando o método de quadratura de Simpson segundo a formula a seguir:

$$\int_a^b f(x)dx \approx h \left(\frac{f(x_0) + f(x_1)}{2} + \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2} + \dots + \frac{f(x_{n+1}) + f(x_n)}{2} \right)$$

Por fim, comparamos a diferença percentual das incidências cumulativas entre antes e depois do rompimento para cada um dos grupos (atingidos e controles) por meio da expressão:

$$\text{Diferença Porcentual} = \left(\frac{\text{área sob a curva}_{\text{depois}}}{\text{área sob a curva}_{\text{antes}}} - 1 \right) \times 100$$

Desta forma, comparamos o aumento ou diminuição percentual na incidência cumulativa para os dois grupos analisados.

Os resultados desta análise são apresentados sob a forma de gráficos de barras, de modo que, quando as barras indicam valores negativos, houve diminuição da incidência cumulativa no período pós-desastre, enquanto valores positivos indicam aumento da incidência após o rompimento.

2.7 Análises de séries temporais — decomposição em elementos estruturantes

Procedemos a análise das séries temporais por meio da sua decomposição nos três principais elementos estruturantes (HARVEY; PETERS, 1990)¹¹², de forma modular, a saber: tendência, ciclos e sazonalidade, e resíduos. Esta decomposição pode ser representada matematicamente pela seguinte expressão:

$$y(t) = g(t) + s(t) + \epsilon(t),$$

onde $g(t)$ representa mudanças não periódicas no valor da série temporal, ou seja, sua tendência, $s(t)$ representa mudanças periódicas (por exemplo, sazonalidade semanal e anual), e $\epsilon(t)$ representa os resíduos, ou seja, quaisquer mudanças que não são

¹¹² HARVEY, A.; PETERS, S. Estimation procedures for structural time series models. **Journal of Forecasting**, v. 9, n. 2, p. 89-108, 1990.

acomodadas pelos componentes anteriores. Assumiremos que $\epsilon(t)$ é normalmente distribuído.

A tendência, $g(t)$, é modelada de forma linear com a presença de pontos de mudança de regime (*change points*) identificados automaticamente. A seguinte expressão descreve o modelo paramétrico que rege o comportamento de $g(t)$:

$$g(t) = (k + a(t)^T \delta)t + (m + a(t)^T \gamma),$$

onde k é a taxa de crescimento, δ é o vetor contendo os ajustes de taxa, m é o parâmetro de “offset”, e γ_j assume os valores $-s_j \delta_j$ para tornar a função contínua. A seleção automática dos pontos de mudança de regime pode ser feita naturalmente atribuindo uma distribuição *a priori* com valores esparsos para δ na expressão anterior.

Neste modelo, o padrão de sazonalidade é representado por funções periódicas de t . Mais especificamente, utilizamos a estrutura de uma série de Fourier pela sua flexibilidade em acomodar os efeitos periódicos (HARVEY; SHEPHARD, 1993)¹¹³ e que possui sua representação padrão especificada como

$$s(t) = \sum_{n=1}^N \left(a_n \cos\left(\frac{2\pi n t}{P}\right) + b_n \sin\left(\frac{2\pi n t}{P}\right) \right),$$

onde P define o período para os ciclos regulares que esperamos que a série temporal tenha (por exemplo $P = 365,25$ para dados anuais ou $P = 7$ para dados semanais) e $\{a_n\}$ e $\{b_n\}$ são parâmetros a serem estimados.

A estratégia metodológica descrita nesta seção encontra-se disponível na biblioteca prophet (TAYLOR; LETHAM, 2020)¹¹⁴ desenvolvida para a plataforma R (R Core Team, 2020). Detalhes adicionais sobre o modelo estão descritos em Taylor e Letham (2017)¹¹⁵.

2.8 Transformada de Wavelets

As análises de Wavelets podem nos ajudar a compreender efeitos sazonais sobre alguns dos agravos registrados nos bancos do DATASUS. Para um bom entendimento da análise de Wavelets, é necessário começar com a análise de técnicas mais simples. Na prática, muitos sinais (assumimos contínuos para a explicação) vêm representados

¹¹³ HARVEY, A. C.; SHEPHARD, N. Structural time series models. In: MADDALA, G.; RAO, C.; VINOD, H. (Ed.). **Handbook of statistics**, Elsevier, 1993. v. 11, chapter 10, p. 261-302.

¹¹⁴ TAYLOR, S.; LETHAM, B. **Prophet**: automatic forecasting procedure. R package version 0.6.1, url = {https://CRAN.R-project.org/package=prophet}, 2020.

¹¹⁵ TAYLOR, S. J.; LETHAM, B. **Forecasting at scale**, 2017.

no domínio do tempo, com uma determinada amplitude. Estes mesmos sinais podem ser representados de outra forma, isto é, no domínio da frequência. Quando nós estivermos nos referindo ao domínio da frequência, é introduzido o conceito de espectro de frequência, o qual representa basicamente as componentes de frequência do sinal. A representação do sinal no domínio da frequência é obtida aplicando a Transformada de Fourier (TF) à série original, expressa no domínio do tempo. O resultado desta transformação é um conjunto de frequências as quais caracterizamos como sinal original. Mas, surge a pergunta: Por que precisamos de informação de frequência? Muitas vezes a informação que se precisa não pode ser vista no domínio do tempo e, sim, no domínio da frequência. Em outros casos a parte mais importante da informação do sinal está “escondida” nas suas frequências. Esta transformação pode ser aplicada a sinais não estacionários, desde que somente se esteja interessado em saber as componentes de frequência que contêm o sinal. A TF apenas nos indica o conteúdo espectral do sinal, mas não fornece o instante ou o intervalo de tempo em que essas componentes espectrais aparecem. Em muitas aplicações, é muito importante saber quando ou em que intervalo de tempo as frequências ocorrem. Para essa análise a TF já não é a mais adequada, salvo se a série for estacionária, pois as frequências pelas quais os sinais estacionários estão compostos ocorrem no tempo de existência do sinal. Como alternativa para resolver este problema, surgiu a Transformada por Janelas de Fourier (TPJF), que é uma generalização da TF. Sua aplicação permitirá obter a informação do sinal em tempo e frequência. Em geral, muitas das séries temporais, como séries econômicas e financeiras, exibem comportamentos não estacionários, tais como mudanças nas tendências, quebras estruturais, desde o começo até o fim do evento, exemplo na Figura 5. Estas características são frequentemente as partes mais importantes do sinal e aplicando a TF ou a TPJF não se poderá capturar eficientemente esses eventos. Assim, a Transformada de Wavelets surge como uma ferramenta muito útil para analisar estas séries do tipo não estacionária. As propriedades das Wavelets fazem que elas sejam muito úteis na análise de sinais com características não estacionárias, das quais fazem parte muitas séries em biomedicina.

A Transformada de Wavelets tem qualidades atraentes que a fazem um método muito útil para séries temporais, exibindo características que poderiam variar tanto em tempo como em frequência (ou escala).

Figura 5 — Exemplo de aplicação da Transformada de Wavelets



Fonte: Elaboração própria (2021).

A Transformada de Wavelets nos permite decompor o sinal num conjunto de bases de funções, em diferentes níveis de resolução (escalas) e tempos de localização. A partir desses níveis é possível reconstruir ou representar uma função, usando as bases Wavelets e coeficientes desses níveis apropriadamente. As Wavelets são simplesmente ondas de curta duração com energia concentrada num intervalo de tempo curto, com certas propriedades matemáticas e que são definidas no espaço funcional de quadrado integrável $L^2(\mathfrak{R})$. As famílias de funções $\psi_{ab}(t)$ são definidas por dilatações (ou compressões) e translações de uma única função $\psi(t)$ chamada Wavelet mãe, definida por:

$$\psi_{ab}(t) = |a|^{-1/2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right), \quad a, b \in \mathfrak{R}, a \neq 0$$

onde o termo $|a|^{-1/2}$ serve para normalizar a função $\psi_{ab}(t)$.

A Transformada de Wavelet será usada para alisamento e estudo das propriedades das séries do DATASUS para a análise dos padrões de oscilação das mesmas.

Nas figuras geradas pela análise de Wavelets, o nível de “*cross-wavelet power levels*” indica, por cores, o grau de periodicidade. Assim, a cor azul representa o menor nível de periodicidade e a vermelha, o maior nível. As setas horizontais apontadas para a direita indicam que as duas séries estão em fase e quando apontadas para a esquerda indicam que as duas séries estão em contrafase. As setas inclinadas para cima indicam predominância de período da série dos controles e as setas com inclinação para baixo indicam predominância de período da série dos atingidos.

3 RESULTADOS

3.1 Banco de dados de informações ambulatoriais (SIA)

A mineração de dados no SIA permitiu a elaboração de series temporais (mensais e anuais) entre os anos 2008 e 2019 (anos disponíveis até a data de mineração dos dados) para a população dos 45 municípios atingidos analisados de forma agregada e os 100 municípios escolhidos como controles.

As séries temporais foram agrupadas por capítulo do Código Internacional de Doenças versão 10 (CID-10) e em uma segunda etapa foram analisados todos aqueles agravos que apresentaram seis ou mais registros para cada série, ao longo dos 12 anos analisados (correspondentes a 144 meses). Lembrando que todas as doenças e agravos à saúde registrados (mais de 12.780) são classificados segundo o CID-10 em 21 capítulos segundo o Quadro 3, na seção de metodologia.

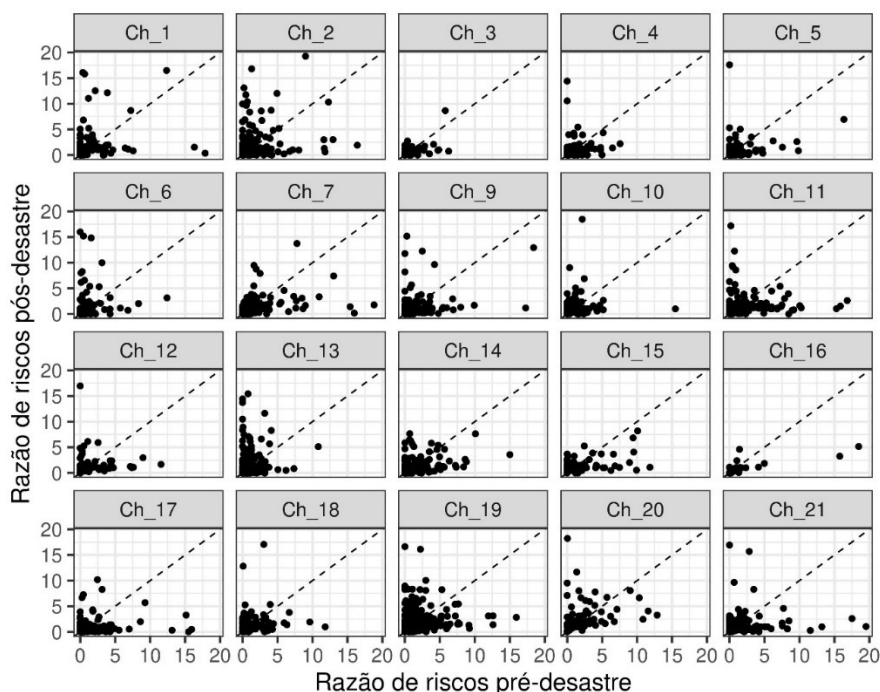
A partir das séries temporais anuais, foi calculada a incidência acumulada, em iguais períodos de tempo, antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, calculando para isso, as áreas embaixo das curvas de incidência por 100 mil habitantes, conforme detalhado na metodologia. As incidências acumuladas, nos períodos pré e pós-rompimento, para cada grupo estudado, de forma agregada (atingidos e controles), foi calculada e representada graficamente, assim como também as diferenças entre os períodos pré e pós-rompimento da barragem (ver quadro resumo no sumário executivo).

A seguir foram elaboradas séries temporais de incidência por 100 mil habitantes a partir dos dados mensais e realizadas transformações e decomposições de cada série com objetivo de estimar tendências, sazonalidades, resíduos e periodicidade nos dados analisados, correspondentes a cada um dos 21 capítulos do CID-10 analisados.

A comparação entre a razão de risco no pré-rompimento e a razão de risco no pós-rompimento, que representa a probabilidade de adoecer uma vez que houve exposição no grupo de atingidos, foi calculada para todos os agravos. No Gráfico 2, a seguir, estão representadas em forma de diagramas de dispersão (*scatterplots*) as razões de riscos (risco em atingidos/risco em controles, RR) no período pré-rompimento (2011-2015) *versus* as razões de riscos no período pós-rompimento (2015-2019). Cada painel corresponde a um capítulo CID-10 (ver Quadro 3) e cada ponto no gráfico corresponde a um agravo. Valores acima da diagonal indicam agravos com RR aumentados após o desastre, enquanto valores abaixo da diagonal representam diminuição na razão de riscos.

Gráfico 2— Análise de risco para todos os capítulos do CID-10

Diagramas de dispersão para as razões de risco antes do rompimento da Barragem de Fundão contra as razões de risco depois do rompimento (análise qualitativa). Cada ponto no gráfico representa um agravo. Os que ficam por cima da diagonal são aqueles que passaram a ter riscos maiores após o rompimento em comparação aos controles.



Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2019).

É possível observar que alguns capítulos apresentam agravos com aumento do risco maior no período pós-rompimento do que no pré ao rompimento, a saber os capítulos I (doenças infecciosas e parasitárias), II (neoplasias), IV (doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas), VI (doenças do sistema nervoso), IX (doenças do aparelho circulatório), X (doenças do aparelho respiratório), XIII (Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo), XIX (Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas) e XX (Causas externas de morbidade e de mortalidade).

Estas análises permitem fazer um diagnóstico geral do estado de saúde das populações nos municípios atingidos e compará-lo com o das populações controle, sem entrar em detalhes de qual agravo particular pode estar aumentando ou diminuindo (análise qualitativa).

Por fim, foram estudadas as séries temporais para todos os agravos dentro dos 21 capítulos analisados. Isto resultou na análise de 5.123 doenças para as quais foram analisadas as séries temporais e as incidências cumulativas antes e depois do rompimento da barragem para as populações de atingidos e controles, assim como as razões de incidências e as razões de diferenças.

Cabe esperar uma situação de saúde similar entre as populações de atingidos e controles durante o período de tempo considerado pois: (i) os municípios controle foram pareados com os municípios atingidos segundo condições socioeconômicas e demográficas, portanto representam uma situação contrafactual ao experimentado pelos municípios atingidos pelo rompimento da Barragem de Fundão, (ii) os municípios controle e atingidos experimentam um sistema de saúde similar (pertencem aos mesmos estados) — ver Figuras 3 e 4, (iii) todas as condições de saúde foram avaliadas por um período de, pelo menos, 12 anos, permitindo uma comparação temporal de pelo menos oito anos antes e quatro depois do desastre. Mesmo assim, é de se esperar a observação de eventos casuais ou aleatórios que determinem um aumento ou diminuição de alguns agravos em um grupo ou em outro. Estes eventos podem se dever a condições particulares de alguns municípios, por exemplo, um surto de uma doença infecciosa, a introdução de um equipamento que permita realizar diagnóstico antes não presente em um município que leve a um número maior de diagnósticos de um certo agravo, medidas de prevenção específicas ou promoção de saúde em nível municipal, entre outras. Por outra parte, para doenças raras ou agravos com incidências muito baixas, pequenas mudanças na incidência acumulada levam a diferenças percentuais muito expressivas, que podem não representar fielmente o impacto à saúde sofrido pela população de modo geral. É por estes motivos que os agravos individuais serão analisados caso a caso, levando em consideração as incidências cumulativas antes e depois do desastre, as razões de incidência, a diferença percentual das diferenças entre o período antes e depois para atingidos e controles, e o cálculo da razão das diferenças, isto é, quanto cada agravo variou nos atingidos após o rompimento (comparação temporal: antes e depois) e a comparação com o acontecido nos controles (comparação relativa aos controles). A plausibilidade biológica para exposição a (i) os efeitos nocivos da experiência do desastre das dimensões do rompimento da Barragem de Fundão, (ii) a transmissão por águas ou alimentos contaminados, (iii) a possibilidade de contaminação por metais pesados serão, entre outros, os fatores mais relevantes na consideração dos principais agravos de interesse neste trabalho, o que será discutido na sessão de conclusão e discussão.

Cabe mencionar aqui que, paralelamente aos resultados apresentados, realizamos também análises auxiliares conforme sugeridas em nosso plano original apresentado às empresas. Entre as estratégias propostas originalmente, indicamos os procedimentos de análise de séries temporais para dados de contagem. Esta abordagem foi explorada utilizando-se os modelos descritos em Liboschik (LIBOSCHIK

et al., 2017¹¹⁶) e os resultados obtidos foram semelhantes aos relatados no presente trabalho. Considerando que o ajuste de modelos pela biblioteca “prophet” — aqui utilizada — admite algoritmos semiautomáticos de especificação de parâmetros, optou-se pelo seu uso devido ao grande número de dados a serem analisados. Observe-se também que o algoritmo implementado pela biblioteca “prophet” admite também medir o impacto de uma mudança de regime exógena no nível populacional ao longo do tempo, respondendo pelas tendências sazonais e flutuações.

Nossas análises auxiliares exploraram também o ajuste de modelos do tipo idade-período-coorte (APC) conforme descritos em Smith e Wakefield (SMITH; WAKEFIELD, 2016¹¹⁷). Esta experiência foi frustrada pela presença de dados rarefeitos impossibilitando o ajuste de modelos de forma robusta. Por esta razão optamos por não apresentar estes resultados em nosso relatório.

3.1.1 Capítulo I do CID-10 — algumas doenças infecciosas e parasitárias

Todas as doenças infectocontagiosas devem ser registradas no Capítulo I do CID-10. Tratasse de doenças parasitárias, bacterianas, virais e fúngicas. O capítulo consta de 171 agravos à saúde relacionados com diversas doenças, totalizando 740 CIDs diferentes. Ele contempla doenças que apresentam diferentes tipos de transmissão (área, vetorial, sexual, por contato direto, por veiculação hídrica ou alimentar) e que afetam distintos tipos de órgãos e sistemas do corpo humano.

Muitas delas estão também contempladas no Sistema de Informações de Notificação (SINAN), ou seja, devem ser notificadas sempre que diagnosticadas.

As condições que favorecem a transmissão das doenças infecciosas em uma população são variadas e dependem de fatores diversos que incluem, entre outros, fatores individuais (genéticos, nutricionais, econômicos e outros), fatores ambientais (cobertura vacinal, rede de esgoto e coleta de lixo), ecológicos, demográficos e sociais, como práticas de prevenção, sistemas de vigilância e promoção à saúde locais etc. O peso de cada um destes fatores na determinação das doenças infecciosas varia: por exemplo, doenças de veiculação hídrica e alimentar estão fortemente relacionadas com a qualidade de água e alimentos que a população consome e pouco relacionadas com

¹¹⁶ LIBOSCHIK, T.; FOKIANOS, K.; FRIED, R. Tscount: an R package for analysis of count time series following generalized linear models. **Journal of Statistical Software**, v. 82, n. 5, p. 1-51, 2017.

¹¹⁷ SMITH, T.; WAKEFIELD, R. J. A review and comparison of age–period–cohort models for cancer incidence. **Statistical Science**, v. 31, n. 4, p. 591-610, 2016.

fatores genéticos individuais, doenças como a tuberculose e a Hanseníase estão relacionadas com a pobreza e o acesso aos serviços de saúde, as doenças vetoriais (ou seja, aquelas transmitidas por insetos vetores) se encontram fortemente relacionadas com fatores ecológicos e o clima que determina a densidade de vetores em um momento determinado. Ou seja, embora todas elas sejam doenças transmissíveis, não todas têm a mesma influência de fatores ambientais, genéticos ou comportamentais na sua determinação.

A seguir, serão apresentadas as análises realizadas a partir dos dados das séries temporais de casos de doenças registradas no Capítulo I de forma agregada e individual, por doença.

3.1.1.1 Análises realizadas com dados agregados

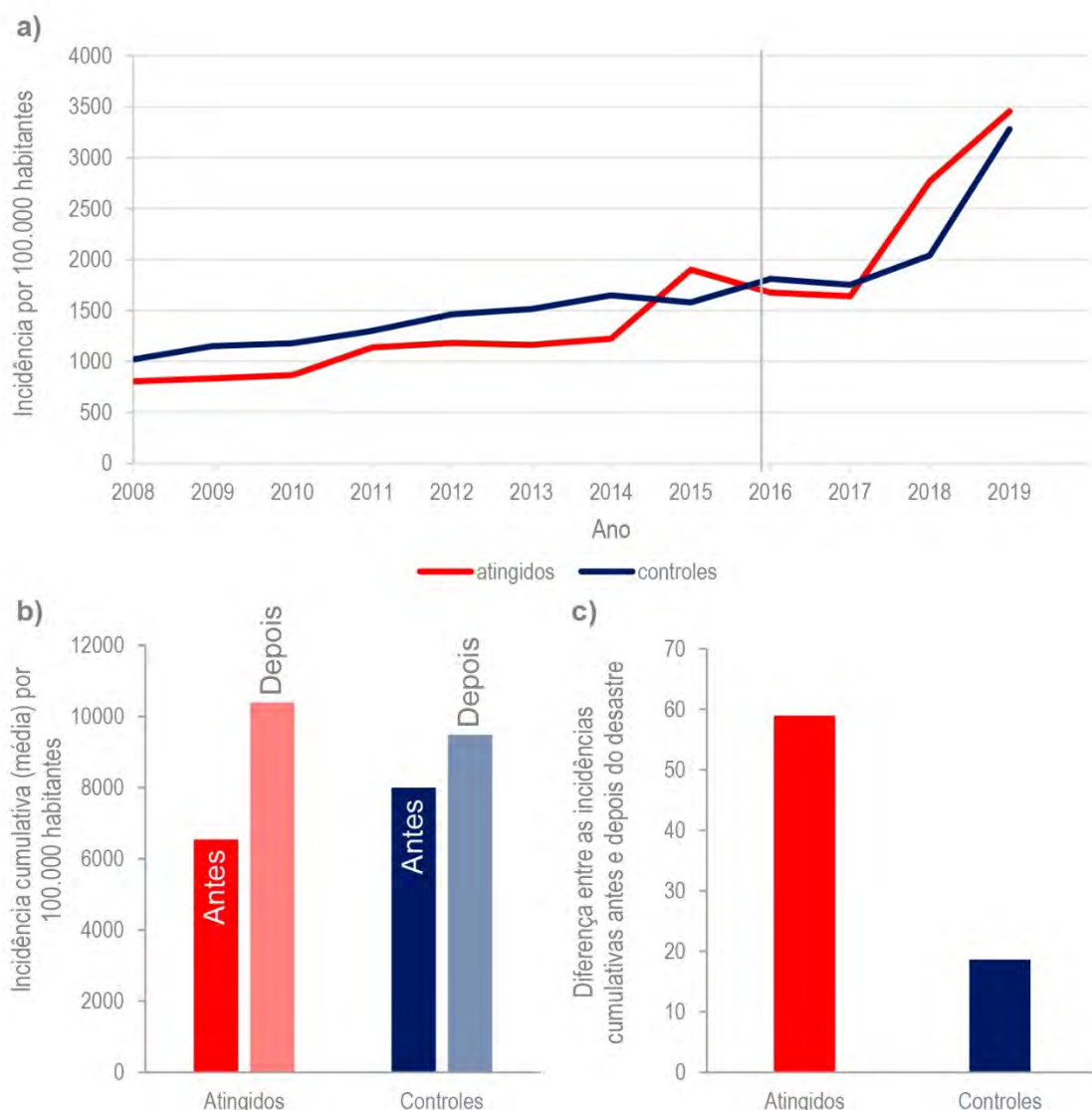
3.1.1.1.1 Incidências por 100 mil habitantes, incidências acumuladas e riscos

A avaliação da série histórica anual entre 2008 e 2020 para o capítulo I (CID-10), de forma agregada, indica um aumento das incidências por 100 mil habitantes, para as populações atingidas a partir de 2017 e para os municípios controle a partir de 2018 (Gráfico 3a). No entanto, o aumento na incidência de casos por 100 mil habitantes nos grupos atingidos se dá de forma mais acentuada que nos controles.

A partir do cálculo de incidências cumulativas (ou acumuladas), por um igual período de tempo, antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão, para as populações atingidas e controles, considerando as incidências por 100 mil habitantes estimadas anualmente, foram realizados os gráficos para visualizar mais facilmente essas diferenças (Gráficos 3b e 3c). Pode-se observar, para o conjunto total de agravos registrados no Capítulo I (CID-10), um aumento de quase 60% para atingidos após o rompimento da barragem, ante a menos de 20% na mesma comparação para os municípios controles (Gráfico 3c). Estes resultados estão baseados no conjunto do total de agravos de forma agregada que a seguir serão analisados de forma individualizada.

**Gráfico 3 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo I (CID-10):
Algumas doenças infecciosas e parasitárias — análise agregada**

a) Série histórica representando o número de agravos por 100 mil habitantes para atingidos (vermelho) e controles (azul) (2008-2019); b) Incidência cumulativa para atingidos antes do rompimento da barragem (vermelho) e depois (rosa) e para controles antes (azul) e depois (azul-claro); c) Diferença entre as incidências cumulativas antes e depois do rompimento para atingidos e controles



Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2019).

Com o intuito de avaliar a probabilidade de adoecimento pelo conjunto de doenças infecciosas nas duas populações estudadas, foram calculados os riscos associados ao conjunto de agravos antes e depois do rompimento da barragem. O Gráfico 4 apresenta quatro figuras representando as análises realizadas a partir do cálculo de riscos para as doenças agrupadas dentro do Capítulo I (CID-10), a saber: (a) gráfico de dispersão das razões de riscos (RR) pré-desastre *versus* as RR pós-desastre para todos os agravos do capítulo 1 de forma agregada, (b) box-plot (ou gráfico de caixas) das razões de risco (risco grupo: atingidos/risco grupo: controles) pré e pós-desastre, (c) box-plot

dos riscos atribuíveis ($Ra = [\text{Risco em Atingidos} - \text{Risco em Controles}]$) e (d) box-plot do número necessário para manifestar o agravo em uma pessoa na população atingida. Esta métrica equivale à inversa do Risco Adicional ($NNH = [1/Ra]$) e indica o número de pessoas que precisam ser expostas a um determinado fator de risco (neste caso, a exposição ao rompimento da Barragem de Fundão) para que um indivíduo desenvolva o agravo ou doença estudado. Observe-se que os agravos aqui considerados, para a realização dessas análises, foram aqueles com $RR < 20$, ou seja, que representa só uma fração de todos os agravos que tiveram os riscos maiores após o rompimento. Esta escolha foi feita pois aqueles agravos representando riscos maiores podem estar afetados por números de incidência muito pequenos no denominador (incidências antes do rompimento) que leva à percepção de riscos muito elevados, mesmo quando se trata de doenças ou agravos de incidências normalmente baixas e que estão manifestando pequenos aumentos. Os gráficos de box-plots ajudam a visualizar a distribuição destas métricas considerando todos os agravos do capítulo na situação pré com a situação pós-rompimento.

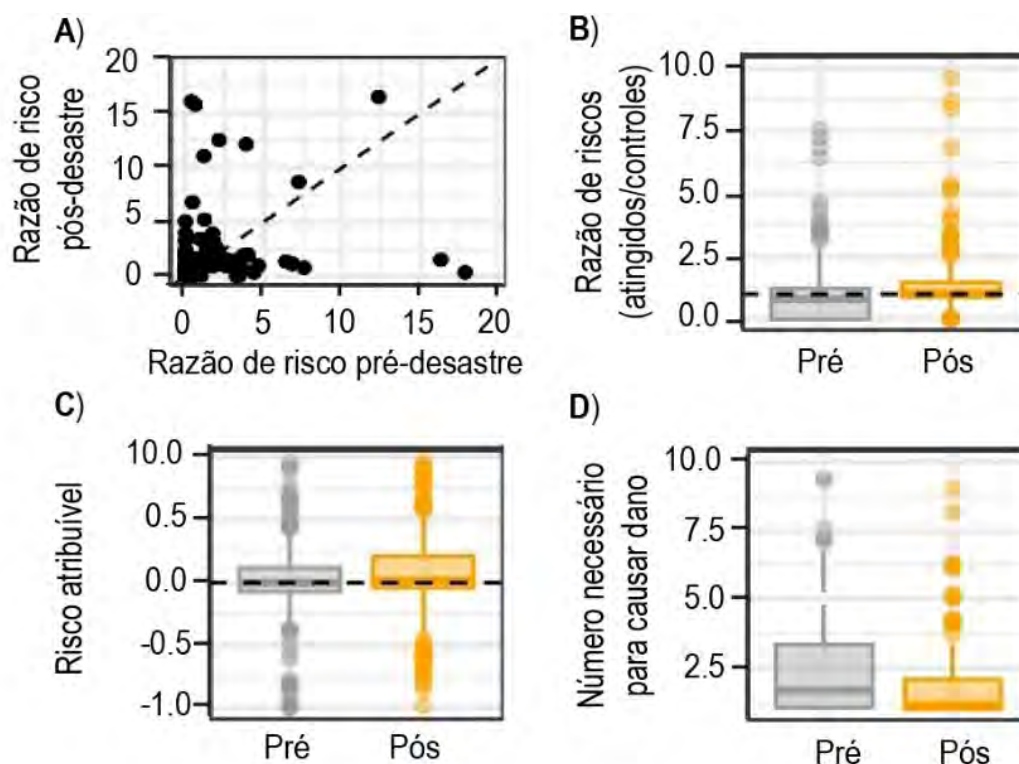
Observa-se no Gráfico 4a (dispersão dos riscos antes e depois do desastre) uma quantidade significativa de agravos acima da diagonal (pontos acima da linha tracejada), representando um aumento nas incidências acumulativas após o rompimento da Barragem de Fundão para alguns dos agravos representando as doenças infecciosas (eles serão estudados individualmente na seguinte seção).

O Gráfico 4b mostra uma distribuição das razões de riscos para os diferentes agravos com valores mais elevados no período após o desastre, ou seja, um número maior de agravos apresentou riscos maiores para os atingidos após o rompimento. Na análise para todos os agravos no período pré-desastre (2011-2015, representado em cinza) e pós-desastre (2015-2019, representado em amarelo) (Gráfico 4b) observa-se uma grande quantidade de agravos acima do 3º quartil (ou seja, representando razões de riscos para agravos que estão entre os 25% maiores da distribuição de todas as RR estudadas). A linha horizontal tracejada na figura marca o valor $RR = 1$, que simboliza igual risco no grupo atingido e no grupo controle.

O Gráfico 4c representa, também em formato de box-plot, o risco atribuível ao fator de exposição estudado, ou seja, ao rompimento da Barragem de Fundão, para o conjunto de agravos considerados, comparando o período pré com o pós-desastre. A distribuição destes valores também apresenta valores maiores no período pós-desastre, ou seja, há maior número de agravos com riscos atribuíveis maiores após o rompimento da barragem. Os boxplots apresentam agravos que excederam o 3º quartil (percentil 75%) dos riscos atribuíveis entre todos os agravos do respectivo capítulo como círculos no

gráfico tanto no pré quanto no pós-rompimento (Gráfico 4b). A linha horizontal tracejada marca o valor $RA = 0$, que simboliza igual risco no grupo atingido e no grupo controle. Valores acima desta linha simbolizam maior risco no grupo atingido. A distribuição destes agravos é maior no conjunto de agravos analisados no pós-rompimento. Por último, o NNH apresenta uma distribuição de valores maiores para o período pré-desastre, lembrando que esta métrica está representada por $1/Ra$. O gráfico indica que é necessário um número menor de pessoas expostas para provocar o adoecimento em uma pessoa, o que se pode interpretar como um risco maior de adoecimento por aqueles agravos com NNH menores, após o desastre (Gráfico 4d).

Gráfico 4 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo I (CID-10): algumas doenças infecciosas e parasitárias



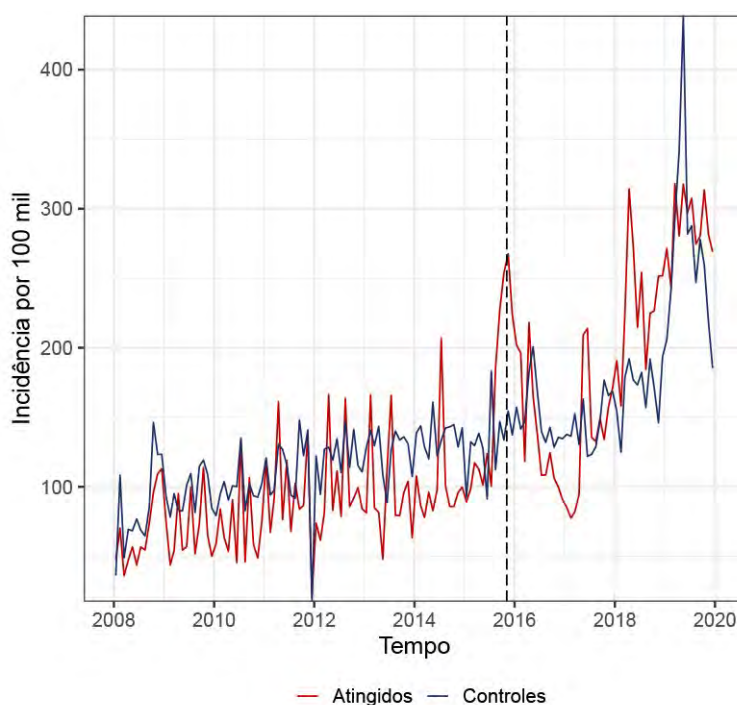
Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

3.1.1.1.2 Decomposição das séries temporais mensais entre 2008-2020

Os dados das séries de incidência mensais desde janeiro de 2008 até dezembro de 2019, totalizando 144 pontos de análises (Gráfico 5), foram utilizados para realizar dois tipos de análises mais específicos e aprofundados. A saber, se procedeu à análise através da decomposição das séries temporais mensais nos três principais elementos

estruturantes: tendência; ciclos e sazonalidade; e resíduos (Gráfico 6); e a uma análise da frequência das séries, conhecida como Transformada de Wavelet, que será usada para o estudo das propriedades das séries temporais para a análise de padrões de oscilação das mesmas (Gráfico 7).

Gráfico 5 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo I (CID-10) de forma agregada: algumas doenças infecciosas e parasitárias



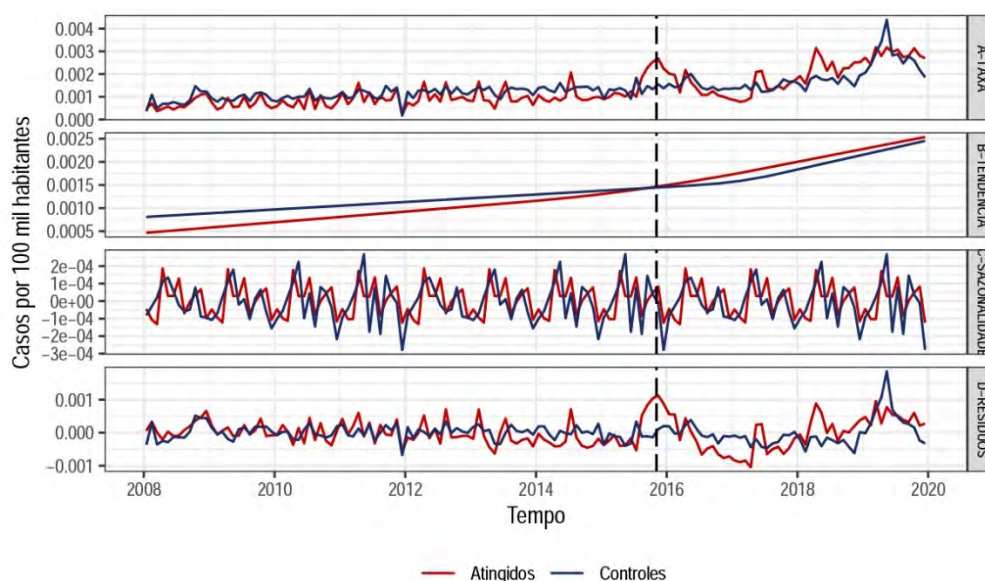
Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

As séries temporais de incidências são a representação gráfica do número de casos por 100 mil habitantes. Esses pontos aumentam e diminuem ou oscilam, formando ondas. Essas “ondas” podem ser analisadas por diferentes parâmetros e decompostas em seus componentes estruturais básicos. A análise a seguir avaliou três destes componentes, a saber: a tendência, a sazonalidade e o resíduos (Gráfico 6). A tendência indica se os dados analisados de modo geral tendem a aumentar ou diminuir no tempo, a sazonalidade observa ciclos de maior e de menor incidência ao longo do tempo, e os resíduos indicam a diferença entre os valores maiores e menores a cada ponto da série analisada.

O gráfico de tendência (Gráfico 6B) apresenta uma mudança da mesma pouco antes da data do rompimento da barragem que se mantém ao longo de toda a série, e mostra a mesma tendência para o futuro. Os dados também mostram uma periodicidade no tempo, aparentemente similar para grupos atingidos e controles, que pode ser observada no gráfico de sazonalidade, o que é coerente com dados representando

doenças infecciosas, pois estas doenças são altamente influenciadas por ciclos sazonais. Por exemplo, as doenças vectoriais que aumentam nos meses do verão devido à maior proliferação dos insetos vetores nesse período, ou as doenças respiratórias que costumam aumentar nos meses de inverno.

Gráfico 6 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo I (CID-10)



Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

As séries temporais também podem ser avaliadas segundo o período da onda, ou seja, o tempo que leva cada onda para atravessar o espaço entre dois pontos equivalentes (duas “cristas” ou dois “vales”, por exemplo). Ou seja, o tempo que demora um ciclo para voltar a começar, ou um conjunto de casos de uma certa doença, a diminuir uma vez que apresentou um aumento.

Nas figuras geradas pela análise de Wavelets (Gráfico 7), o nível de “*cross-wavelet power levels*”, o grau de periodicidade está indicado por cores diferentes. A cor azul representa o menor nível de periodicidade e a vermelha o maior nível. Isto é, azul representa uma região da série temporal onde o número de casos aumenta e diminui em períodos de tempo curtos, já o vermelho representa uma região da série temporal onde o ciclo de aumento e diminuição dos casos (ou seja, o período da curva) é maior.

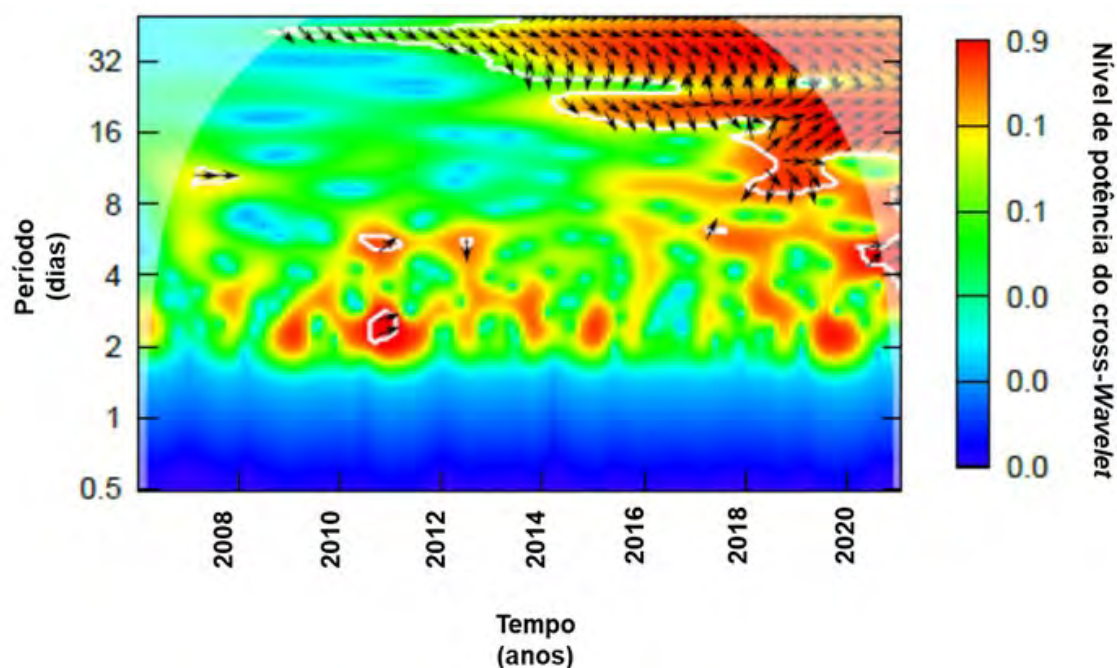
No gráfico também são representadas setas: as horizontais e apontadas para a direita indicam que as duas séries estão em fase (isto quer dizer que ambas as séries de incidência para atingidos e controle “sobem” e “descem” simultaneamente) e quando apontadas para a esquerda indicam que as duas séries estão em contrafase (quando

uma série está no máximo — número de casos mais elevado para um dos dois grupos analisados —, a outra está no mínimo — número mínimo de casos registrados nesse período de tempo). Quando as setas estão inclinadas para cima, indicam predominância de período da série dos controles (os controles oscilam com períodos maiores), e as seta com inclinação para baixo indicam predominância de período da série dos atingidos (a série de atingidos oscila com períodos maiores).

A seguir, foram realizadas análises para compreender a periodicidade presente nas séries temporais mensais dos dados de municípios atingidos e dos controles. Nas figuras geradas por esta análise, o nível de potência de *cross-wavelet* indica o grau de periodicidade identificado nos dados (cada quanto tempo os dados achados têm aumentos e diminuições: oscilações).

No Gráfico 7 observa-se que as séries temporais de atingidos e controles entram em oscilação a partir do ano 2016 com períodos entre oito e 32 dias. Nota-se pelas setas que no período acima de 32 dias ambas as séries entram em fase com predomínio dos atingidos. Ou seja, a partir de 2016 os dados representados nas séries temporais aumentam e diminuem no tempo de maneira similar.

Gráfico 7 — Análises de *cross-wavelet* nos dados da séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos do Capítulo I (CID-10)



Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

Até aqui, foram apresentadas as análises realizadas para os agravos do Capítulo I (CID-10) de forma agregada. Isto é, a partir dos dados de incidência de casos de doenças infecciosas e parasitárias, registrados no SIA, mês a mês, entre 2008 e 2020. Foram também avaliadas as incidências por 100 mil habitantes para cada ano, estimadas as incidências cumulativas, realizadas análises de risco e realizadas modelagens matemáticas que permitem a decomposição das séries temporais em suas componentes de tendência, sazonalidade e resíduos, assim como realizada também uma análise da periodicidade presente nelas.

De modo geral, as informações resultantes das análises dos componentes estruturantes das séries temporais: sazonalidade, tendência e resíduos, e dos parâmetros: período e fases que as constituem, não permitiram ter uma compreensão mais aprofundada dos eventos relacionados com as observações das incidências de forma temporal. Para isso se prosseguiu à análise de todos os agravos e doenças de forma individual, a partir dos cálculos das incidências acumuladas, e das comparações dessas incidências para cada agravo antes e depois do rompimento para os dois grupos analisados.

A seguir, foram analisadas as séries temporais para cada agravo do Capítulo I (CID-10) de forma individual, foram calculadas as incidências cumulativas antes e depois do rompimento, para atingidos e controles, os riscos de incidências, a diferença percentual entre antes e depois para ambos os grupos e, por último, a comparação deste último parâmetro entre atingidos e controles. Todos estes resultados estão apresentados na tabela a seguir e no Gráfico 8, que apresenta as séries temporais para atingidos e controles ao longo do período 2008-2020 para cada agravo, apresentando aumento nos municípios atingidos após o rompimento da barragem.

Devido à quantidade de dados analisados, serão indicados na Tabela 3 e no Gráfico 8 os agravos que apresentaram crescimento nos municípios atingidos após o rompimento da Barragem de Fundão quando comparados aos controles; o restante dos resultados está apresentado em tabela e figuras no Apêndice A.

3.1.1.2 Análises realizadas com dados por agravo individual

Uma vez que os dados agregados por capítulo permitem ter uma noção das condições de saúde de uma população em um determinado local e período, é importante compreender o impacto que diferentes agravos têm no total de casos registrados. Por isto, para cada um dos capítulos analisados foram analisadas as séries temporais e as incidências de todos os agravos com casos registrados nos municípios atingidos a partir

de 2008. Foram escolhidos todos os agravos com mais de 12 registros totais no período de 2008 a 2020.

A Tabela 3 mostra os resultados para os agravos com aumento depois do desastre nos municípios atingidos em comparação aos municípios controle. Uma análise dos agravos do Capítulo 1 (CID - 10) segundo a via de transmissão e tipo de doença permite resumir a Tabela 3 em alguns grupos principais de doenças.

3.1.1.3.1 Transmissão hídrica ou alimentar

Os CIDs: A010 (Febre Tifoide), A048 (Outras Infecções Bacterianas Intestinais Especificadas), A058 (Outras Intoxicações Alimentares Bacterianas Especificadas), A059 (Intoxicação Alimentar Bacteriana Não Especificada), A080 (Enterite Por Rotavírus), A083 (Outras Enterites Virais), A085 (Outras Infecções Intestinais Especificadas), A090 (Diarreia e Gastroenterite de Origem Infecciosa Presumível), B159 (Hepatite A), B341 (Infecção Por Enterovírus de Localização Não Especificada) e B178 (Outras Hepatites Virais Agudas Especificadas) correspondem a doenças bacterianas e virais. Todas estas doenças apresentaram aumentos significativos na população dos municípios atingidos na comparação temporal (antes *versus* depois do rompimento), os quais representam aumentos maiores do que os municípios controle apresentaram. As diferenças indicam piora nos municípios atingidos de até 200 vezes na comparação com os municípios controle. Todos estes agravos são de veiculação hídrica e se relacionam ao consumo de água contaminada ou alimentos.

3.1.1.3.2 Transmissão por contato direto

Tuberculose

Os CIDs: A150 (Tuberculose Pulmonar, Com Confirmação Por Exame Microscópico da Expectoração, Com ou Sem Cultura), A153 (Tuberculose Pulmonar, Com Confirmação Por Meio Não Especificado), A156 (Pleuris Tuberculoso, Com Confirmação Bacteriológica e Histológica), A158 (Outras Formas de Tuberculose Das Vias Respiratórias, Com Confirmação Bacteriológica e Histológica), A159 (Tuberculose Não Especificada Das Vias Respiratórias, Com Confirmação Bacteriológica e Histológica), A161 (Tuberculose Pulmonar, Sem Realização de Exame Bacteriológico ou Histológico), A162 (Tuberculose Pulmonar, Sem Menção de Confirmação Bacteriológica ou Histológica), A165 (Pleurisia Tuberculosa, Sem Menção de Confirmação Bacteriológica ou Histológica), A168 (Outras Formas de Tuberculose Das Vias Respiratórias, Sem Menção de Confirmação Bacteriológica ou Histológica), A169

(Tuberculose Respiratória, Não Especificada, Sem Menção de Confirmação Bacteriológica ou Histológica), B900 (Sequelas de Tuberculose do Sistema Nervoso Central) correspondem a agravos relacionados com a tuberculose ou a sequelas decorrentes da infecção por este bacilo. Todos os agravos apresentam razões de incidências cumulativas elevadas, indicando piora na situação dos atingidos comparando com o período pré-rompimento, assim como também aumentos maiores que aqueles observados para os controles.

A tuberculose é uma doença bacteriana, tratável, relacionada com a pobreza e com condições de saúde e vida precárias. Existem evidências que indicam também uma relação entre a infecção por tuberculose e a silicose (afecção pulmonar relacionada com aspiração de poeira de sílice)¹¹⁸.

Hanseníase

Os CIDs: A303 (Hanseníase (lepra) Dimorfa), A305 (Hanseníase (lepra) Lepromatosa), A308 (Outras Formas de Hanseníase (lepra)), A309 (Hanseníase (lepra) Não Especificada) correspondem a quatro formas diferentes da Hanseníase, conhecida como lepra. Os dois primeiros correspondem à Hanseníase dimorfa e a lepromatosa, respectivamente, além dos outros dois diagnósticos menos específicos, mas ainda referentes a esta doença. A Hanseníase é também uma doença bacteriana, tratável, de contágio por contato direto, muitas vezes relacionada com transmissão intradomiciliar e que também tem uma forte relação com a pobreza e as condições de saúde das populações. O aumento em atingidos após o desastre é muito significativo quando comparado com os municípios controle.

Bouba

A bouba, também conhecida como framboesia, pian ou piã, é causada pela bactéria *Treponema pertenue*. Altamente contagiosa, ela é transmitida pelo contato com a pele de indivíduos infectados. Esta doença marcou particularmente o estado de Minas Gerais nas décadas de 1930 até 1960, mobilizando cientistas e instituições de pesquisa, integrando um cenário complexo de pobreza e falta de saneamento básico favorável à proliferação de doenças. Interessante destacar que, em 1967, a Organização Mundial da Saúde reconheceu que a bouba estava erradicada em Minas Gerais. No Brasil, a doença praticamente desapareceu após a década de 1970. Interessante ressaltar que os CIDs A661 e A669, correspondentes a “Papilomas Múltiplos e Bouba Plantar Úmida” e “Bouba Não Especificada” apresentaram razões de incidências aumentadas em

¹¹⁸ GALVÃO BARBOZA, C. E. et al. Tuberculosis and silicosis: epidemiology, diagnosis and chemoprophylaxis: review article. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 34, p. 959-966, 2008.

atingidos em comparação aos controles, após o desastre. Estes dados não possuem um aumento considerável nas incidências, mas nota-se a aparição de casos a partir de 2016 e 2017.

3.1.1.3.3 Doenças vetoriais

As doenças vetoriais classificadas nos CIDs: A900 (Dengue), A910 (Febre Hemorrágica Devida ao Vírus do Dengue), A920 (Febre de Chikungunya), A928 (Outras Febres Virais Especificadas Transmitidas Por Mosquitos), A929 (Febre Viral Transmitida Por Mosquitos, Não Especificada), B550 (Leishmaniose Visceral), B559 (Leishmaniose Não Especificada) e B572 (Doença de Chagas (crônica) Com Comprometimento Cardíaco) tiveram aumento significativo nos municípios atingidos em comparação aos controles nos anos seguintes ao rompimento da Barragem de Fundão. Estes CIDs representam a Dengue, Chikungunya, outras febres não específicas, a Leishmaniose Visceral a doença de Chagas.

As doenças vetoriais são altamente dependentes de fatores ambientais e ecológicos pois dependem de uma alta densidade de insetos vetores para sua transmissão. Elas possuem ciclos próprios e se caracterizam por alta sazonalidade. Em situações de graves distúrbios ecológicos, podem apresentar aumentos de incidência consideráveis.

Tabela 3 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - algumas doenças infecciosas e parasitárias

CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
A010	Febre tifoide	0,230	0,968	4,209	320,108	0,398	0,040	0,101	-89,934	4,559
A048	Outras infecções bacterianas intestinais especificadas	0,445	2,229	5,009	400,822	0,524	2,226	4,247	324,655	1,235
A058	Outras intoxicações alimentares bacterianas especificadas	0,000	1,088	*	*	0,000	1,042	*	*	1,044
A059	Intoxicação alimentar bacteriana não especificada	0,618	10,672	17,269	1626,861	0,000	0,402	*	*	25,010
A080	Enterite por rotavírus	0,000	1,523	*	*	0,000	0,421	*	*	3,618

CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
A083	Outras enterites virais	0,000	2,101	*	*	0,147	0,543	3,690	*	5,306
A085	Outras infecções intestinais especificadas	0,000	3,071	*	*	0,464	0,563	1,214	*	31,020
A090	Diarreia e gastroenterite de origem infecciosa presumível	66,684	1304,335	19,560	1855,985	92,398	365,499	3,956	295,568	6,279
A150	Tuberculose pulmonar, com confirmação por exame microscópico da expectoração, com ou sem cultura	4,273	32,790	7,674	667,304	1,710	6,964	4,072	307,213	2,172
A153	Tuberculose pulmonar, com confirmação por meio não especificado	1,270	3,279	2,582	158,101	0,455	0,454	0,998	-0,189	837,513
A156	Pleuris tuberculoso, com confirmação bacteriológica e histológica	0,092	0,615	6,685	565,286	0,000	0,301	*	*	1,738
A158	Outras formas de tuberculose das vias respiratórias, com confirmação bacteriológica e histológica	0,356	0,704	1,978	97,954	0,042	0,060	1,420	42,042	2,330
A159	Tuberculose não especificada das vias respiratórias, com confirmação bacteriológica e histológica	0,085	0,486	5,718	471,172	0,394	0,387	0,982	-1,658	285,181
A161	Tuberculose pulmonar, sem realização de exame bacteriológico ou histológico	0,352	1,973	5,605	460,612	0,181	0,309	1,707	70,218	6,560
A162	Tuberculose pulmonar, sem menção de confirmação bacteriológica ou histológica	3,216	51,662	16,064	1506,274	0,273	0,712	2,608	160,322	9,395
A165	Pleurisia tuberculosa, sem menção de confirmação bacteriológica ou histológica	0,085	0,275	3,235	223,317	0,021	0,020	0,952	-6,083	37,712
A168	Outras formas de tuberculose das vias respiratórias, sem	0,091	1,545	16,978	1597,802	0,140	0,007	0,050	-95,073	17,806

CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	menção de confirmação bacteriológica ou histológica									
A169	Tuberculose respiratória, não especificada, sem menção de confirmação bacteriológica ou histológica	2,092	4,503	2,152	115,224	0,702	0,288	0,411	-58,940	2,955
A281	Doença por arranhadura do gato	0,091	1,311	14,407	1334,724	0,042	0,060	1,429	44,361	30,088
A303	Hanseníase (lepra) dimorfa	1,749	103,751	59,320	5831,177	57,449	19,611	0,341	-65,863	89,535
A305	Hanseníase (lepra) lepromatosa	1,470	35,400	24,082	2307,894	34,091	22,932	0,673	-32,732	71,509
A308	Outras formas de hanseníase (lepra)	2,873	27,812	9,680	868,119	2,055	7,872	3,831	283,140	3,066
A309	Hanseníase (lepra) não especificada	25,308	47,318	1,870	86,969	224,341	198,984	0,887	-11,303	8,694
A380	Escarlatina	0,000	19,203	*	*	0,000	2,937	*	*	6,538
A412	Septicemia por estafilococos não especificados	0,000	0,173	*	*	0,111	0,195	1,765	*	2,060
A415	Septicemia por outros micro-organismos gram	1,107	2,000	1,807	*	0,000	0,364	*	*	2,453
A419	Septicemia não especificada	7,913	74,000	9,352	835,163	1,745	12,519	7,173	617,310	1,353
A460	Erisipela	9,414	91,609	9,731	873,093	23,293	30,873	1,325	32,545	26,827
A480	Gangrena gasosa	0,590	4,769	8,083	708,935	22,580	0,157	0,007	-99,304	8,139
A490	Infecção estafilocócica de localização não especificada	0,722	12,303	17,040	1604,307	0,420	3,119	7,426	642,620	2,497
A491	Infecção estreptocócica de localização não especificada	0,000	12,224	*	*	0,017	0,651	37,903	*	19,281
A498	Outras infecções bacterianas de localização não especificada	0,141	1,901	13,482	1243,147	0,647	2,915	4,509	350,864	3,543
A500	Sífilis congênita precoce sintomática	0,333	4,516	13,562	1255,108	1,431	0,063	0,044	-95,565	14,134
A509	Sífilis congênita não especificada	0,000	1,965	*	*	0,000	0,749	*	*	2,623
A510	Sífilis genital primária	0,000	0,608	*	*	0,056	0,147	2,645	*	6,681
A539	Sífilis não especificada	0,431	2,394	5,555	455,262	0,701	1,491	2,127	112,694	4,040

CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
A540	Infecção gonocócica do trato geniturinário inferior, sem abscesso periuretral ou das glândulas acessórias	0,000	0,918	*	*	0,017	0,448	26,083	*	2,130
A630	Verrugas anogenitais (venéreas)	0,886	1,789	2,019	101,875	0,991	1,777	1,792	79,244	1,286
A640	Doenças sexualmente transmitidas, não especificadas	0,150	3,428	22,853	2178,236	3,631	2,070	0,570	-42,990	51,668
A661	Papilomas múltiplos e boubia plantar úmida (cravo de boubia)	0,092	0,651	7,076	603,749	0,167	0,444	2,654	165,422	3,650
A669	Boubia não especificada	0,000	2,531	*	*	0,000	0,101	*	*	25,059
A689	Febre recorrente não especificada	0,617	46,135	74,773	7371,273	0,488	3,289	6,740	573,441	12,854
A818	Outras infecções por vírus atípicos do sistema nervoso central	0,333	54,694	164,246	16333,707	0,042	2,044	48,359	4735,879	3,449
A860	Encefalite viral, não especificada	0,180	0,270	1,500	49,551	0,545	0,484	0,888	-11,124	5,454
A881	Vertigem epidêmica	0,094	1,267	13,479	1248,385	0,126	0,566	4,491	349,094	3,576
A900	Dengue (dengue clássica)	2,780	311,701	112,123	11113,295	3,266	281,758	86,267	8526,710	1,303
A910	Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue	0,831	2,325	2,798	*	0,000	1,026	*	*	1,456
A910	Febre hemorrágica devida ao vírus da dengue	0,831	2,325	2,798	*	0,000	1,026	*	*	1,456
A920	Febre de chikungunya	0,000	26,210	*	*	0,000	0,948	*	*	27,648
A928	Outras febres virais especificadas transmitidas por mosquitos	0,000	8,148	*	*	0,000	2,063	*	*	3,950
A929	Febre viral transmitida por mosquitos, não especificada	0,000	34,290	*	*	0,000	0,926	*	*	37,030
B001	Dermatite vesicular devido ao vírus do herpes	0,000	0,828	*	*	0,042	0,766	18,410	*	1,144
B002	Gengivostomatite e faringoamigdalite	0,000	5,069	*	*	0,042	2,295	55,192	*	2,250

CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	devida ao vírus do herpes									
B008	Outras formas de infecção devida ao vírus do herpes	0,000	0,520	*	*	0,000	0,321	*	*	1,620
B018	Varicela com outras complicações	0,075	1,157	15,427	1438,023	0,083	0,222	2,675	166,482	8,638
B019	Varicela sem complicação	0,160	4,836	30,225	2914,502	0,147	3,203	21,727	2072,666	1,406
B028	Herpes zoster com outras complicações	0,274	1,349	4,923	391,932	0,000	0,605	*	*	1,777
B029	Herpes zoster sem complicação	0,075	6,676	89,013	8772,663	0,000	3,921	*	*	1,683
B082	Exantema súbito (sexta doença)	0,000	5,856	*	*	0,000	3,119	*	*	1,878
B090	Infecção viral não especificada caracterizada por lesões da pele e membranas mucosas	0,000	5,983	*	*	0,000	4,484	*	*	1,334
B159	Hepatite A sem coma hepático	5,992	235,347	39,277	3827,518	0,034	2,167	63,045	6204,456	107,527
B178	Outras Hepatites Virais Agudas Especificadas	0,501	0,936	1,868	86,858	0,118	0,471	3,987	298,729	1,232
B201	Doença pelo HIV resultando em outras infecções bacterianas	0,048	0,656	13,667	1280,722	0,125	1,061	8,455	745,542	1,718
B221	Doença pelo HIV resultando em pneumonite intersticial linfática	0,000	0,088	*	*	0,177	0,092	0,521	*	1,035
B260	Orquite por caxumba (parotidite epidêmica)	0,000	0,618	*	*	0,000	0,424	*	*	1,458
B269	Caxumba (parotidite epidêmica) sem complicações	0,000	6,735	*	*	0,069	5,715	83,134	8213,363	1,193
B279	Mononucleose infecciosa não especificada	0,000	1,090	*	*	0,000	0,670	*	*	1,627
B302	Faringoconjuntivite viral	0,000	1,620	*	*	0,000	0,160	*	*	10,125
B308	Outras conjuntivites virais	0,185	1,666	9,005	*	0,000	0,923	*	*	1,605
B309	Conjuntivite viral não especificada	0,038	3,243	85,342	8520,009	0,000	2,696	*	*	1,189
B341	Infecção por enterovírus de	0,091	8,044	88,396	8703,371	0,000	0,040	*	*	198,825

CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	localização não especificada									
B344	Infecção por papovavírus de localização não especificada	0,000	26,355	*	*	0,000	0,081	*	*	325,370
B349	Infecção viral não especificada	0,226	646,226	2859,407	286185,660	0,084	38,349	456,536	45634,969	6,271
B359	Dermatofitose não especificada	0,000	0,745	*	*	0,000	0,605	*	*	1,231
B360	Pitíriase versicolor	0,000	2,100	*	*	0,042	1,212	28,667	2766,742	1,795
B369	Micose superficial não especificada	0,000	3,129	*	*	0,000	1,553	*	*	2,015
B370	Estomatite por cândida	0,092	3,757	40,837	3963,073	0,069	0,640	9,275	831,259	4,768
B373	Candidíase da vulva e da vagina	0,150	3,794	25,293	2421,493	0,221	2,937	13,311	1231,066	1,967
B374	Candidíase de outras localizações urogenitais	0,000	0,787	*	*	0,000	0,464	*	*	1,696
B378	Candidíase de outras localizações	0,000	1,400	*	*	0,021	1,005	47,171	*	1,423
B379	Candidíase não especificada	0,000	2,851	*	*	0,190	1,333	7,028	*	2,494
B490	Micose não especificada	0,000	0,654	*	*	0,205	0,709	3,457	*	1,298
B550	Leishmaniose visceral	0,000	8,180	*	*	0,262	3,246	12,394	*	2,741
B559	Leishmaniose não especificada	0,000	1,805	*	*	0,069	0,236	3,433	*	10,808
B572	Doença de chagas (crônica) com comprometimento cardíaco	0,000	2,602	*	*	1,885	0,776	0,411	*	2,346
B580	Oculopatia por toxoplasma	1,808	12,119	6,703	570,242	0,671	4,752	7,080	607,960	2,527
B582	Meningoencefalite por toxoplasma	0,000	0,396	*	*	0,119	0,067	0,563	*	7,615
B589	Toxoplasmose não especificada	0,773	2,982	3,858	285,546	0,653	1,696	2,598	159,797	1,787
B659	Esquistossomose não especificada	0,000	0,221	*	*	0,042	0,223	5,323	432,285	1,221
B800	Oxiúriase	0,048	2,363	49,229	4869,727	0,085	1,956	23,139	2213,936	2,200
B829	Parasitose intestinal não especificada	0,000	2,970	*	*	0,000	1,996	*	*	1,488
B839	Helmintíase não especificada	0,000	3,046	*	*	0,000	0,120	*	*	25,383
B860	Escabiose (sarna)	0,038	16,959	446,289	44978,730	0,000	5,290	*	*	3,199
B870	Miíase cutânea	0,924	6,628	7,173	617,447	0,300	1,791	5,964	496,356	1,244

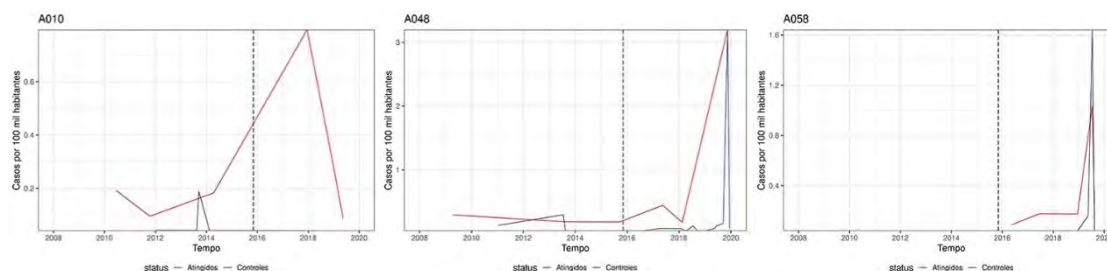
CID-10	Nome do agravo	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência acumulada Controles ANTES	Incidência acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
B874	Miíase auricular	0,205	0,728	3,551	*	0,000	0,325	*	*	1,609
B878	Miíase de outras localizações	0,220	1,946	8,845	783,202	0,000	0,304	*	*	5,678
B879	Miíase não especificada	0,091	1,358	14,923	1386,153	0,148	0,866	5,847	484,697	2,860
B881	Tungíase (infestação pela pulga da areia)	0,000	2,612	*	*	0,042	0,462	11,022	*	6,219
B900	Sequelas de tuberculose do sistema nervoso central	0,419	4,061	9,692	869,224	0,330	0,209	0,633	-36,704	24,682
B953	Streptococcus pneumoniae, como causa de doenças classificadas em outros capítulos	0,000	1,924	*	*	0,042	0,585	13,965	*	3,543
B977	Papilomavírus, como causa de doenças classificadas em outros capítulos	0,184	5,321	28,918	2793,970	6,003	18,271	3,044	204,346	13,673

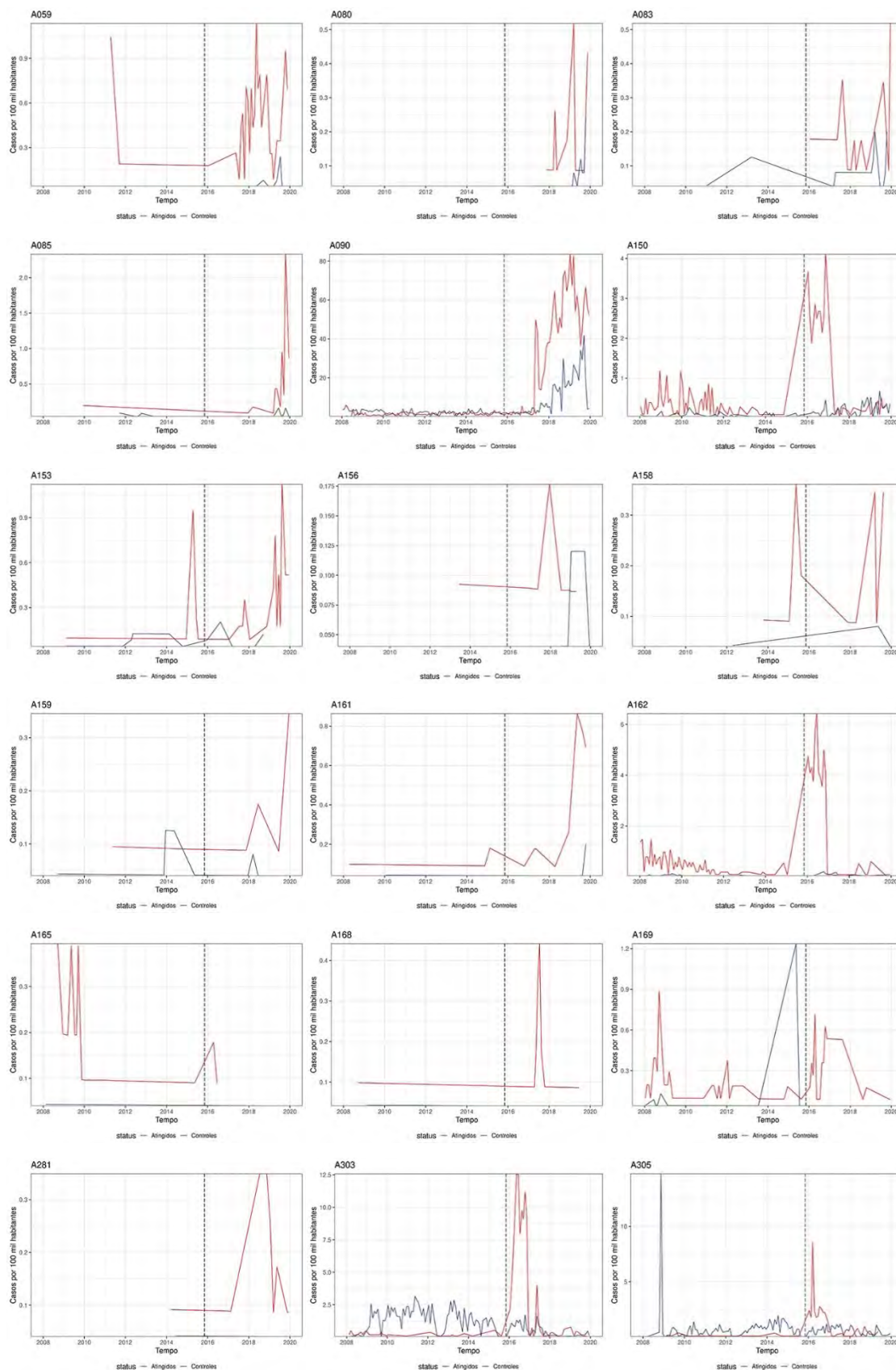
Comparação entre a diferença Antes e Depois para Atingidos e Controles. Indica quantas vezes a mais casos houve depois do rompimento da barragem para atingidos em comparação com os controles

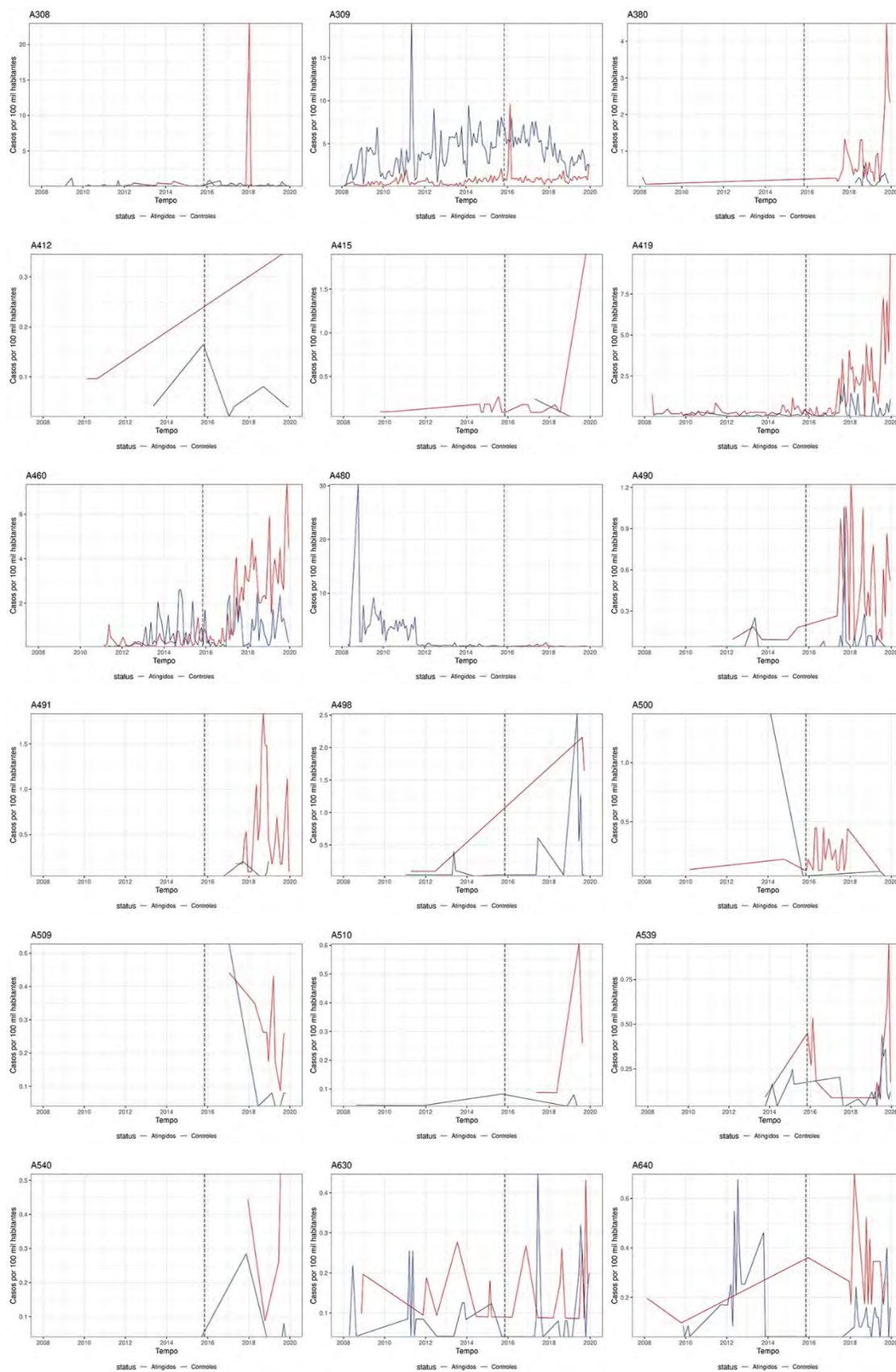
Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

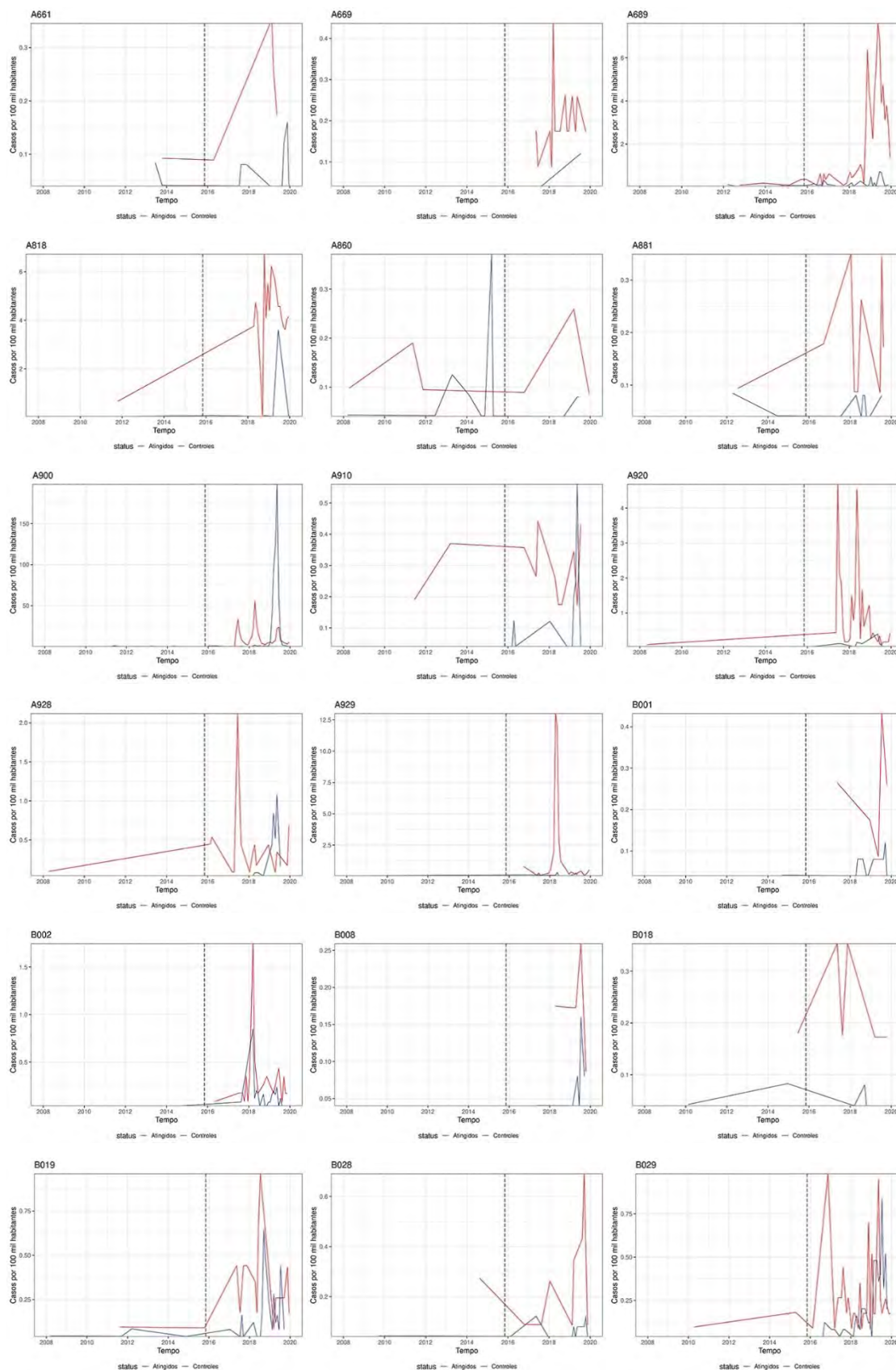
A seguir, serão apresentados todos os gráficos correspondentes às séries históricas por cada agravo apresentadas na Tabela 3 (Gráfico 8). Os nomes dos agravos aos quais corresponde cada gráfico podem ser visualizados na Tabela 3.

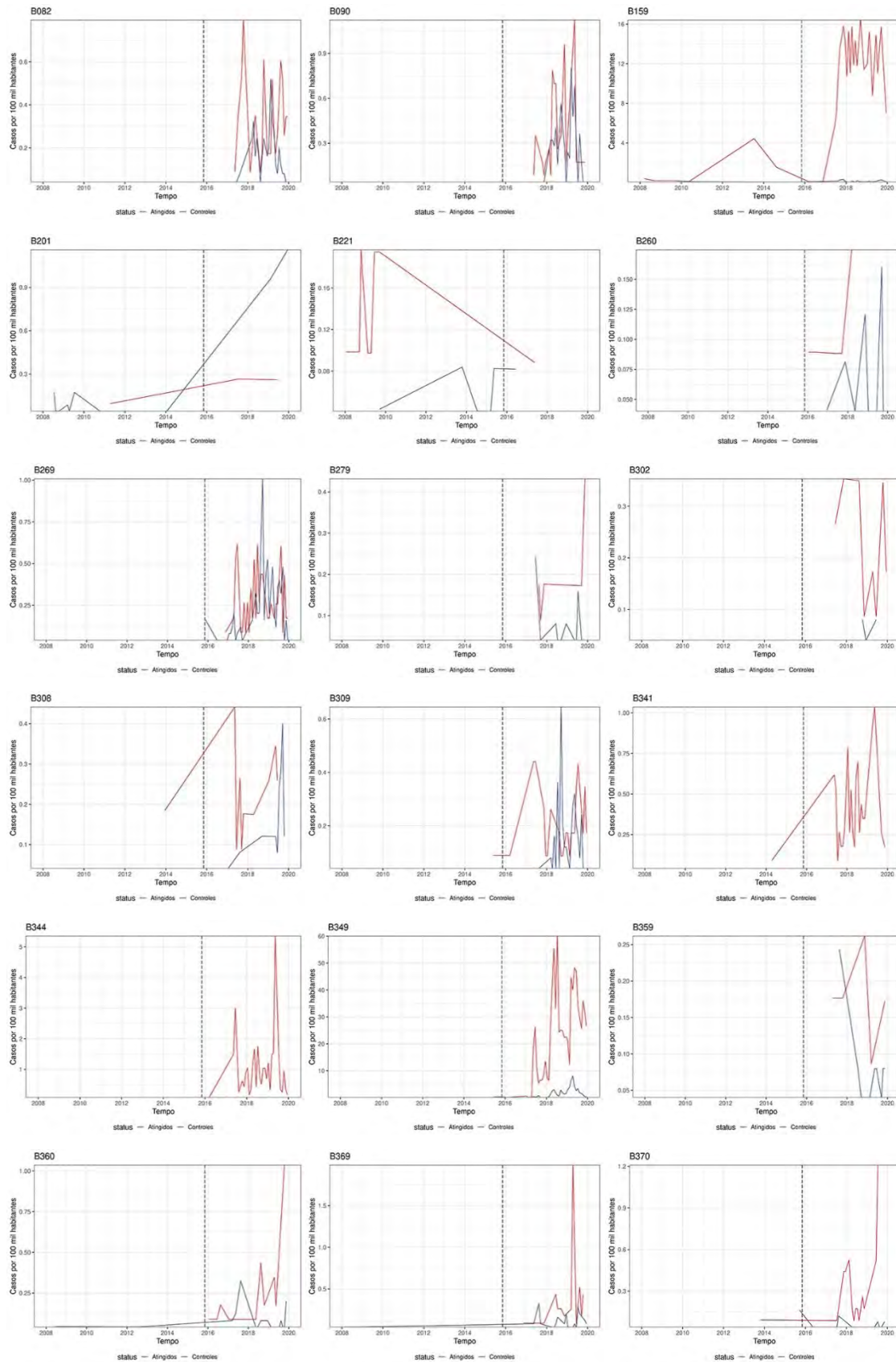
Gráfico 8 — Série histórica representando o número de agravos por 100 mil habitantes para atingidos (vermelho) e controles (azul) (2008-2020)

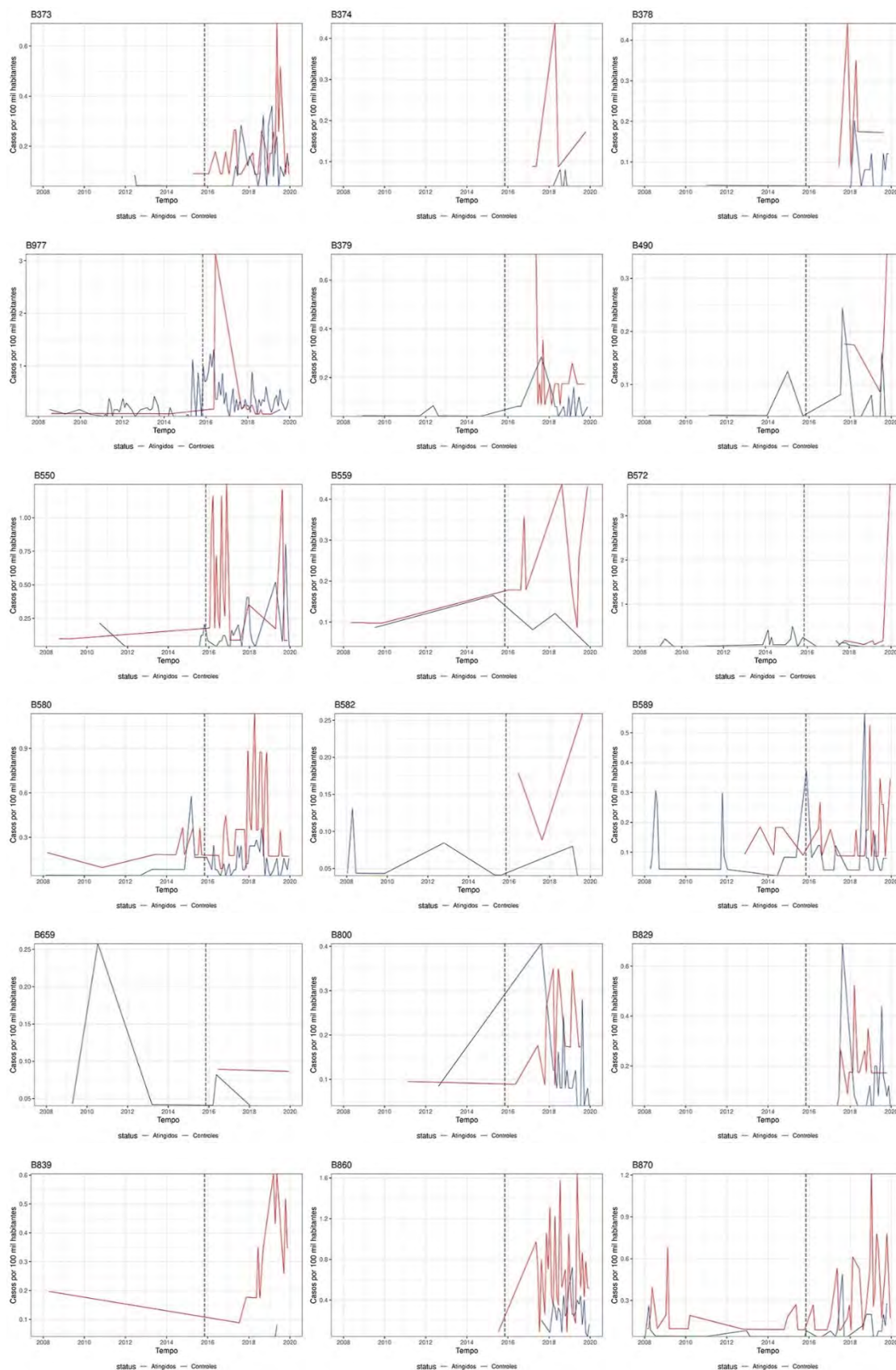


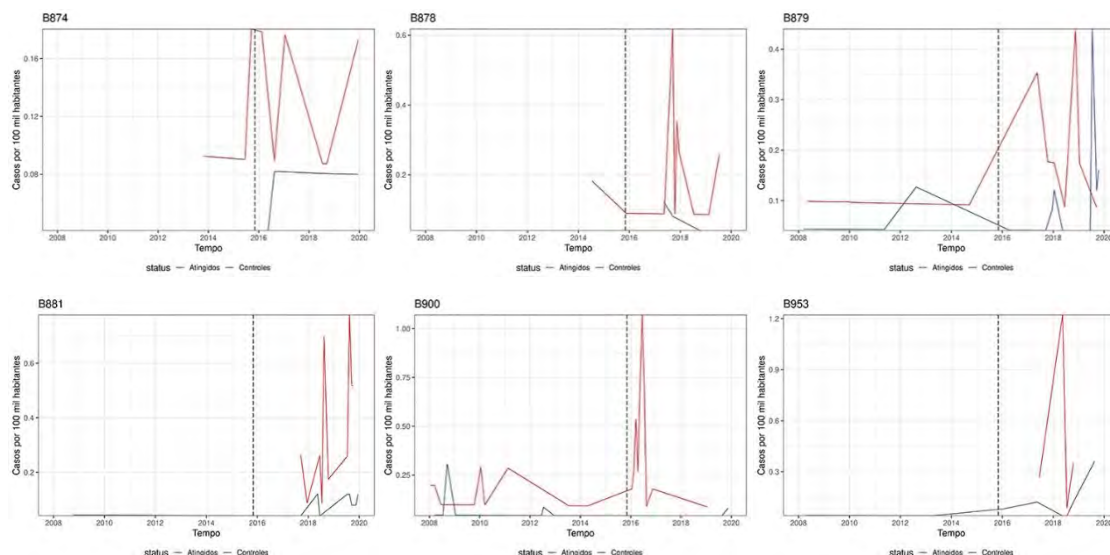












Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

3.1.2 Capítulo II do CID-10 — neoplasias (tumores)

O Capítulo II (CID-10) registra todas as neoplasias, tanto malignas como benignas, agrupadas em 136 tipos e totalizando 716 CIDs individuais. Ele contempla neoplasias afetando diferentes órgãos, sistemas e tecidos.

A neoplasia se define como um aumento do número de células em qualquer parte do corpo. Podem ser benignas, quando o crescimento celular é de forma organizada, de modo geral lento, e com limites nítidos; ou malignas (câncer) quando apresentam transformação celular (com mutações genéticas ou epigenéticas específicas), têm potencial para invadir outros tecidos e são capazes de desenvolver metástases.

As neoplasias podem ser causadas por uma série de fatores que incluem desde fatores internos (fatores genéticos, hormônios ou condições imunológicas específicas) até fatores externos (como exposição a substâncias químicas, radiação e incluso infecção por vírus oncogênicos). Os fatores causais podem agir em conjunto ou em sequência para iniciar ou promover o processo de formação do câncer.

Ao quantificar a relação entre exposição química e doença, os epidemiologistas estão interessados na incidência de doenças entre as pessoas expostas (ou seja, pessoas expostas a concentrações do produto químico maiores do que a exposição de fundo) em comparação com a taxa esperada se as pessoas não tivessem sido expostas (isto é, pessoas expostas apenas a uma concentração de fundo). Eles estão interessados na taxa relativa ou na taxa de excesso de doenças como medida de comparação. Como o câncer pode demorar para se desenvolver, uma análise dos efeitos de uma exposição

deve levar em consideração o período latente, um conceito complexo que pode ser definido como o tempo entre a exposição e a ocorrência da doença relacionada com ela. No caso aqui estudado, há também uma complexidade relacionada com a própria exposição já que por se tratar de resíduos de mineração (com mais de um elemento químico em sua composição), e pela natureza do próprio desastre, a liberação de uma onda destrutiva de dimensões gigantescas que remexeu os leitos dos rios, não é possível definir exatamente quais os fatores de exposição que estão afetando a população. Não só as substâncias de forma individual, mas os complexos entre diferentes compostos podem ter efeitos desconhecidos para a saúde.

A seguir, serão apresentadas as análises realizadas a partir dos dados das séries históricas de incidência de doenças registradas no Capítulo II (CID-10) de forma agregada e individual, por doença.

3.1.2.1 Análises realizadas com dados agregados

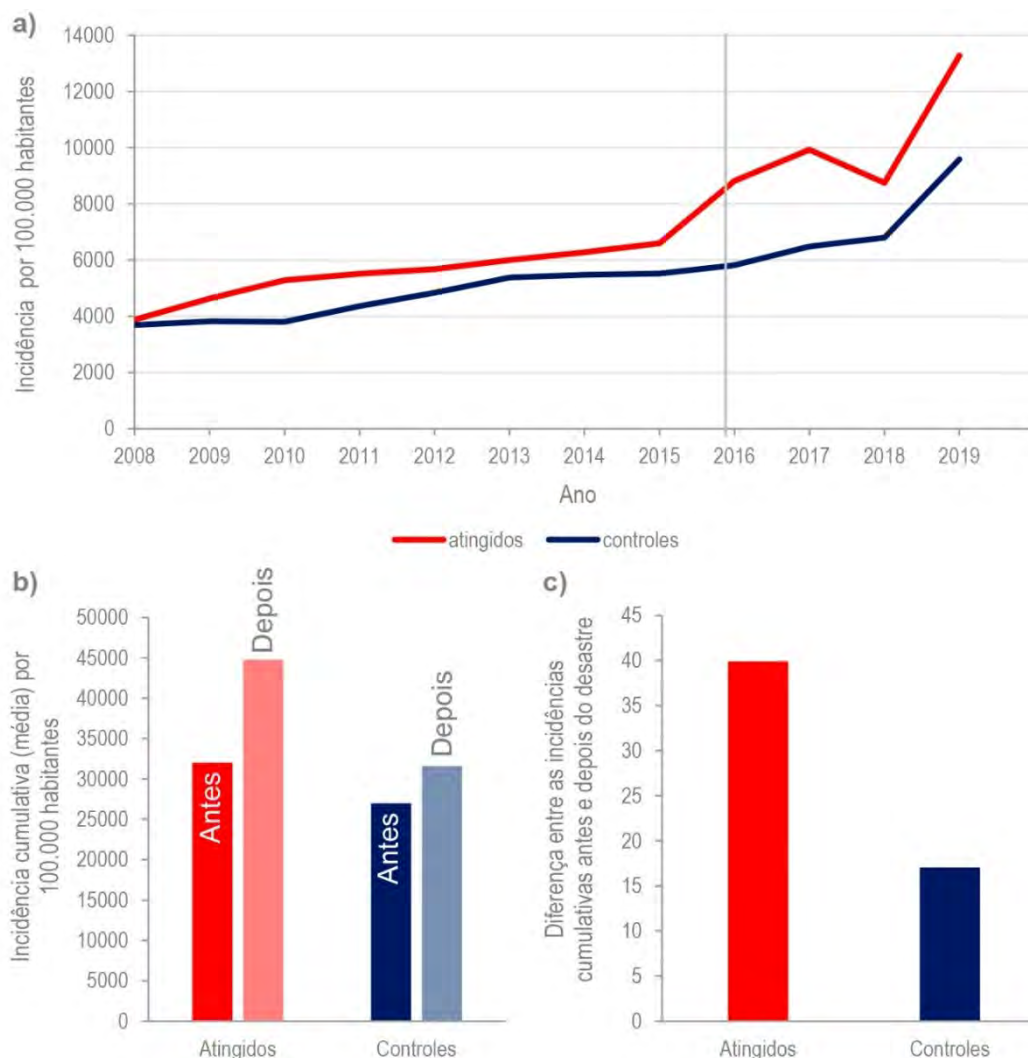
3.1.2.1.1 Incidências por 100 mil habitantes, incidências acumuladas e riscos

A avaliação da série histórica anual entre 2008 e 2019 para todos os agravos do Capítulo II (CID-10), de forma agregada, indica um aumento dos casos de neoplasias para as populações atingidas pelo rompimento, em comparação com os grupos controles, com uma incidência cumulativa acentuada após o desastre (Gráfico 9a).

A comparação das incidências cumulativas antes e depois do rompimento, para grupos atingidos e controles, apresenta um aumento para ambos os grupos (Gráfico 9b), que se mostra muito mais expressivo para os atingidos (mais de 40% a mais) do que para os controles (20% de aumento em comparação ao pré-desastre) (Gráfico 9c).

**Gráfico 9 — Série histórica anual para os agravos do Capítulo II (CID-10):
Neoplasmas (tumores) — análise agregada**

a) Série histórica representando o número de agravos por 100 mil habitantes para atingidos (vermelho) e controles (azul) (2008-2019); b) Incidência cumulativa para atingidos antes do rompimento da barragem (vermelho) e depois (rosa) e para controles antes (azul) e depois (azul-claro); c) Diferença entre as incidências cumulativas antes e depois do rompimento para atingidos e controles



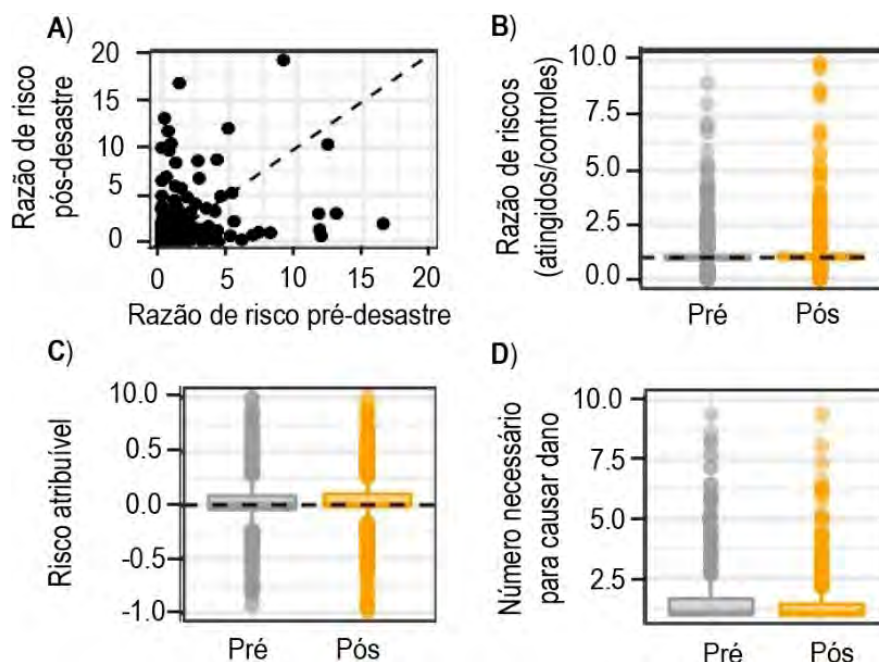
Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2019).

Com o intuito de avaliar a probabilidade de adoecimento pelo conjunto de doenças infecciosas nas duas populações estudadas, foram calculados os riscos associados ao conjunto de agravos antes e depois do rompimento da barragem. O Gráfico 10, a seguir, apresenta quatro figuras representando as análises realizadas a partir dos riscos para as doenças agrupadas dentro do Capítulo II (CID-10), conforme já foi expressado no Capítulo I (CID-10) de doenças infecciosas.

Observa-se no Gráfico 10a uma quantidade significativa de agravos acima da diagonal, representando um aumento nas incidências acumulativas após o rompimento da

Barragem de Fundão para uma série de agravos (eles serão estudados individualmente na seguinte seção). O Gráfico 10b mostra a distribuição das razões de riscos que têm uma aparente tendência a serem mais elevados no período após o desastre. O Gráfico 10c representa o risco atribuível ao fator de exposição estudado. Não é possível observar maiores diferenças neste gráfico entre os períodos pré e pós-desastre. Por último, o NNH apresenta uma distribuição de valores levemente maiores para o período pré-desastre, indicando que era necessário um número maior de pessoas expostas para provocar o adoecimento de uma pessoa antes do desastre. Ou seja, pode-se interpretar como um risco maior de adoecimento por esses agravos, após o desastre. As análises realizadas até aqui são referentes aos dados de doenças agregadas, portanto, não é possível identificar quais agravos especificamente possuem NNH menores após o rompimento.

Gráfico 10 — Análises de riscos para todos os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasmas (tumores)



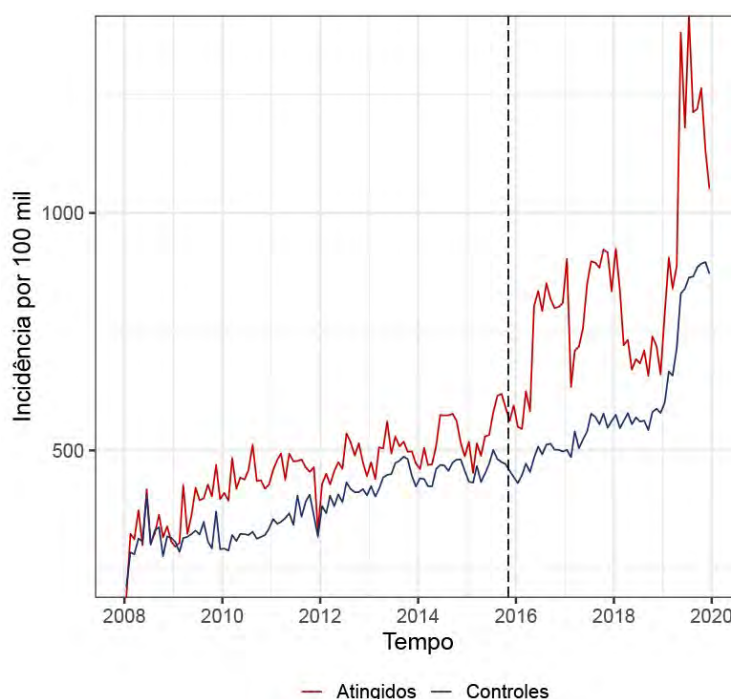
Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

3.1.2.1.2 Decomposição das séries temporais mensais entre 2008-2019

Os dados das séries de incidência mensais desde janeiro de 2008 até dezembro de 2019, totalizando 144 pontos de análises (Gráfico 11), foram utilizados para realizar dois

tipos de análises mais específicos e aprofundados¹¹⁹. O Gráfico 11 mostra um aumento nos casos de neoplasia por 100 mil habitantes para ambos os conjuntos de municípios estudados, porém é muito mais acentuado na população de atingidos, como indica o Gráfico 11, principalmente entre 2019 e 2020, cinco anos após o rompimento. Vale lembrar que os dados são normalizados pela população total nas populações estudadas, ou seja, indicam casos por 100 mil habitantes.

Gráfico 11 — Série histórica mensal para os agravos do Capítulo II (CID-10): Neoplasmas (tumores) — análise agregada



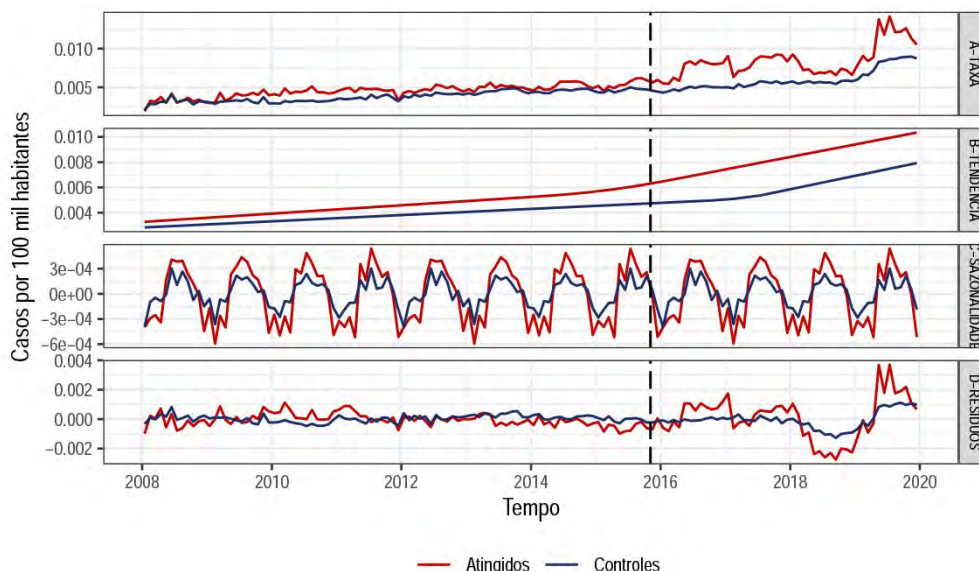
Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

A análise da decomposição da série temporal nos componentes de tendência, sazonalidade e resíduos está representada a seguir (Gráfico 12). O gráfico de tendência mostra que o registro de casos de neoplasias foi sempre maior para os atingidos do que para os municípios controle aqui estudados, porém essa diferença tende a acentuar-se

¹¹⁹ As séries temporais de incidências são a representação gráfica do número de casos por 100 mil habitantes. Esses pontos aumentam e diminuem ou oscilam, formando ondas. Essas “ondas” podem ser analisadas por diferentes parâmetros e decompostas em seus componentes estruturais básicos. As séries foram decompostas em três destes componentes, a saber: tendência, sazonalidade e resíduos. A tendência indica se os dados analisados de modo geral tendem a aumentar ou diminuir no tempo, a sazonalidade observa ciclos de maior e de menor incidência ao longo do tempo, e os resíduos indicam a diferença entre os valores maiores e menores a cada ponto da série analisada na comparação das séries de atingidos e controles.

no tempo até alcançar as maiores diferenças nos últimos quatro anos da série analisada, ou seja, a partir de 2016 e substancialmente a partir de 2018.

Gráfico 12 — Decomposição da série temporal por mês (primeiro gráfico) em três componentes estruturantes tendência (B), sazonalidade (C) e resíduos (D) para o Capítulo II: Neoplasmas (tumores)

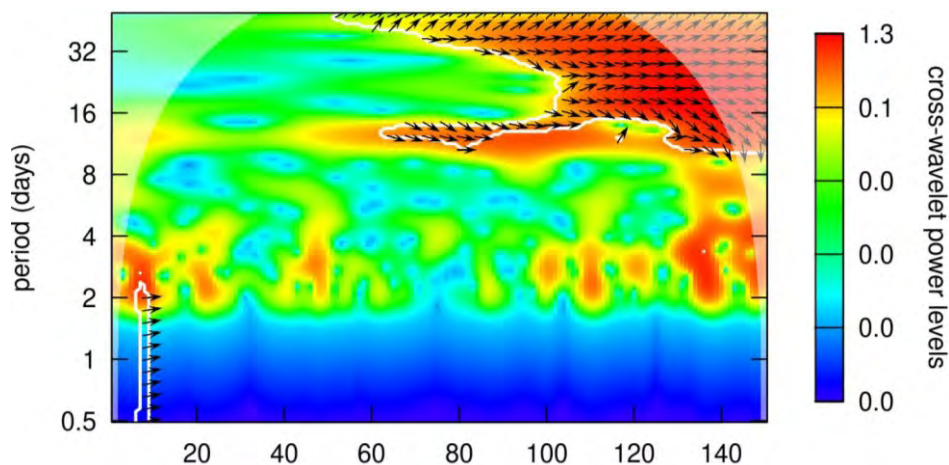


Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

A seguir, foram realizadas análises para compreender a periodicidade presente nas séries temporais mensais dos dados de municípios atingidos e dos controles. Observa-se no Gráfico 13 que as séries históricas de atingidos e controles entram em oscilação a partir de 2016 com períodos entre oito e 32 dias. Nota-se pelas setas que no intervalo de oito a 32 dias ambas as séries entram em fase. Acima de 32 dias os grupos controles predominam e abaixo de 16 dias o predomínio é dos atingidos¹²⁰.

¹²⁰ As oscilações que manifestam as séries temporais (como “aumentos” e “diminuições” ao longo do tempo) também podem ser avaliadas segundo o período da onda, ou seja, o tempo que leva cada onda para atravessar o espaço entre dois pontos equivalentes (duas “cristas” ou dois “vales”, por exemplo). Ou seja, o tempo que demora um ciclo para voltar a começar ou, no caso aqui estudado, o tempo entre dois aumentos na incidência. Nas figuras geradas pela análise de Wavelets, o nível de “cross-wavelet power levels”, o grau de periodicidade está indicado por cores diferentes. A cor azul representa o menor nível de periodicidade e a vermelha o maior. Isto é, azul representa uma região da série temporal onde o número de casos aumenta e diminui em períodos de tempo curtos, ou seja, cada menos dias (havendo maior oscilação de casos), já o vermelho representa uma região da série temporal onde o ciclo de aumento ou de diminuição dos casos (ou seja, o período da curva) é maior. No gráfico também são representadas setas: as horizontais e apontadas para a direita indicam que as duas séries estão em fase (isto quer dizer que ambas as séries de incidência para atingidos e controle “sobem” e “descem” simultaneamente) e quando apontadas para a esquerda indicam que as duas séries estão em contrafase (quando uma série está no máximo — número de casos mais elevado para um dos dois grupos analisados —, a outra está no mínimo — número

Gráfico 13 — Análises de *cross-wavelet* nos dados das séries temporais mensais para atingidos e controles considerando todos os agravos de Neoplasmas (tumores)



Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).

Até aqui, foram apresentadas as análises realizadas para os agravos do Capítulo II (CID-10) de forma agregada, entre 2008 e 2020. Foram também avaliadas as incidências por 100 mil habitantes para cada ano, estimadas as incidências cumulativas, realizadas análises de risco, e realizadas modelagens matemáticas que permitem a decomposição das séries temporais em suas componentes de tendência, sazonalidade e resíduos, assim como realizada também uma análise da periodicidade presente nelas. De modo geral, parece haver um aumento significativo no total de casos de câncer nos municípios atingidos, quando comparados aos municípios controles, preponderantemente após 2017 e mais significativamente no último ano da série histórica analisada.

De modo geral, as informações resultantes das análises dos componentes estruturantes das séries temporais: sazonalidade, tendência e resíduos, e dos parâmetros: período e fases que as constituem, não permitiram ter uma compreensão mais aprofundada dos eventos relacionados com as observações das incidências de forma temporal. Para isso se prosseguiu à análise de todos os agravos e doenças de forma individual, a partir dos cálculos das incidências acumuladas, e das comparações dessas incidências para cada agravo antes e depois do rompimento para os dois grupos analisados.

mínimo de casos registrados nesse período de tempo). Quando as setas estão inclinadas para cima, indicam predominância de período da série dos controles (os controles oscilam com períodos maiores), e as setas com inclinação para baixo indicam predominância de período da série dos atingidos (a série de atingidos oscila com períodos maiores).

3.1.2.2 Análises realizadas com dados por agravo individual

A seguir, serão analisadas as séries temporais para cada agravo deste capítulo (Cid-10) de forma individual. Foram calculadas as incidências cumulativas, antes e depois do rompimento, para atingidos e controles, os riscos de incidências, a diferença percentual entre antes e depois para ambos grupos e, por último, a comparação deste último parâmetro entre atingidos e controles. Todos estes resultados estão indicados na tabela a seguir e no Gráfico 14, que apresenta as séries temporais para atingidos e controles ao longo do período 2008-2020 para cada agravo apresentando aumento nos municípios atingidos após o rompimento da barragem (Gráfico 14).

Devido à quantidade de dados analisados, serão apresentados na Tabela 4 e no Gráfico 14 os agravos que apresentaram crescimento nos municípios atingidos após o rompimento da Barragem de Fundão quando comparados aos controles; o restante dos resultados está apresentado em tabela e figuras no Apêndice A.

Pode-se identificar no capítulo relativo a neoplasias que 258 agravos resultaram em diferenças entre o pré e o pós-rompimento para atingidos e controles acima de 1, ou seja, as diferenças das variações percentuais antes e após o desastre mostraram-se maiores para grupos atingidos que para controles.

Desses 258 agravos das mais diversas naturezas, três resultaram em diferenças acima de 100, destacando-se a neoplasia maligna do ânus com diferença relativa 167 vezes maior para atingidos que para controles. Entre 50 e 100 vezes, encontramos 13 neoplasias; entre 10 e 50, encontramos 59 agravos; entre seis e 10, encontramos 21 agravos; e entre um e cinco, encontramos 162 tipos diferentes de neoplasias.

As neoplasias do sistema digestório predominaram, mas destacam-se também as neoplasias do sistema reprodutor, do tecido linfoide, do tecido tegumentar e do sistema respiratório.

Tabela 4 — Incidências acumuladas antes e depois do rompimento da Barragem de Fundão - Neoplasmas (tumores)

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C005	Neoplasia maligna do lábio, sem especificação, face interna	0,242	0,674	1,224	22,375	0,296	0,424	0,629	-37,134	2,660
C008	Neoplasia maligna do lábio com lesão invasiva	0,038	0,583	29,669	2866,907	1,116	0,876	1,502	50,154	57,163
C01	Neoplasia maligna da base da língua	73,977	145,479	1,967	96,654	58,959	76,144	1,291	29,147	3,316
C022	Neoplasia maligna da face ventral da língua	5,221	2,304	1,111	11,073	5,799	2,301	0,999	-0,136	82,651
C023	Neoplasia maligna de dois terços anteriores da língua, parte não especificada	2,468	2,271	1,623	62,338	4,007	1,629	0,717	-28,254	3,206
C028	Neoplasia maligna da língua com lesão invasiva	19,325	76,990	3,984	298,394	607,383	173,435	0,286	-71,446	5,177
C030	Neoplasia maligna da gengiva superior	3,744	8,039	2,147	114,698	2,276	1,492	0,655	-34,453	4,329
C031	Neoplasia maligna da gengiva inferior	5,594	15,058	2,692	169,193	3,151	5,101	1,619	61,912	2,733
C039	Neoplasia maligna da gengiva, não especificada	3,309	3,505	1,059	5,908	5,528	2,571	0,465	-53,486	10,053
C040	Neoplasia maligna do assoalho anterior da boca	19,458	29,088	1,495	49,490	8,729	7,668	0,879	-12,150	5,073
C041	Neoplasia maligna do assoalho lateral da boca	8,048	8,329	1,035	3,486	7,091	3,019	0,426	-57,417	17,473
C048	Neoplasia maligna do assoalho da	13,529	26,324	1,946	94,567	8,670	10,403	1,200	19,988	4,731

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	boca com lesão invasiva									
C051	Neoplasia maligna do palato mole	18,064	20,315	1,125	12,463	17,280	11,835	0,685	-31,511	3,528
C058	Neoplasia maligna do palato com lesão invasiva	6,146	2,138	2,556	155,633	15,711	5,415	2,532	153,202	1,016
C059	Neoplasia maligna do palato, não especificado	8,320	14,490	1,742	74,155	7,281	7,830	1,075	7,541	9,833
C068	Neoplasia maligna de outras partes e de partes não especificadas da boca com lesão invasiva	4,044	7,206	1,782	78,211	4,070	4,947	1,215	21,546	3,630
C081	Neoplasia maligna da glândula sublingual	0,446	0,664	1,052	5,224	0,469	0,506	0,763	-23,713	5,539
C089	Neoplasia maligna da glândula salivar maior, não especificada	2,992	6,311	2,110	110,962	2,542	1,645	0,647	-35,277	4,145
C098	Neoplasia maligna da amígdala com lesão invasiva	6,306	12,667	2,009	100,885	3,566	5,578	1,564	56,431	1,788
C100	Neoplasia maligna da valécua	26,126	64,466	2,467	146,749	10,765	16,772	1,558	55,801	2,630
C102	Neoplasia maligna da parede lateral da orofaringe	8,814	10,155	1,152	15,209	7,535	5,231	0,694	-30,579	3,011
C108	Neoplasia maligna da orofaringe com lesão invasiva	54,120	130,713	2,415	141,523	30,322	57,213	1,887	88,684	1,596
C109	Neoplasia maligna da orofaringe, não especificada	48,515	111,724	2,303	130,287	88,176	119,408	1,354	35,419	3,678
C110	Neoplasia maligna da parede superior da nasofaringe	8,742	10,996	1,258	25,788	5,111	6,353	1,243	24,302	1,061

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C111	Neoplasia maligna da parede posterior da nasofaringe	3,015	10,036	3,329	232,873	3,086	3,925	1,272	27,184	8,567
C113	Neoplasia maligna da parede anterior da nasofaringe	0,092	0,908	0,000	-100,000	0,000	0,080	0,088	-91,183	10,187
C130	Neoplasia maligna da região pós-cricóide	6,946	34,565	4,976	397,632	3,750	10,058	2,682	168,194	2,364
C138	Neoplasia maligna da hipofaringe com lesão invasiva	21,703	33,962	1,565	56,489	9,764	14,077	1,442	44,183	1,279
C139	Neoplasia maligna da hipofaringe, não especificada	25,381	33,986	1,339	33,901	32,768	35,637	1,088	8,756	3,872
C148	Neoplasia maligna do lábio, cavidade oral e faringe com lesão invasiva	2,337	8,897	3,807	280,706	2,681	7,402	2,761	176,083	1,594
C154	Neoplasia maligna do terço médio do esôfago	67,903	89,106	1,312	31,225	32,677	42,597	1,304	30,358	1,029
C155	Neoplasia maligna do terço inferior do esôfago	36,115	48,442	1,341	34,132	17,968	17,572	0,978	-2,204	16,489
C158	Neoplasia maligna do esôfago com lesão invasiva	62,512	215,385	3,445	244,550	32,472	61,156	1,883	88,333	2,769
C160	Neoplasia maligna da cárdia	67,877	123,678	1,822	82,208	45,410	51,432	1,133	13,261	6,199
C163	Neoplasia maligna do antro pilórico	13,757	40,234	2,925	192,465	9,353	16,236	1,736	73,601	2,615
C164	Neoplasia maligna do piloro	0,825	0,942	11,889	1088,855	9,808	3,405	3,613	261,319	4,167
C168	Neoplasia maligna do estômago com lesão invasiva	48,913	191,385	3,913	291,275	26,737	54,170	2,026	102,606	2,839

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C169	Neoplasia maligna do estômago, não especificado	88,722	130,512	1,471	47,102	146,841	193,736	1,319	31,936	1,475
C179	Neoplasia maligna do intestino delgado, não especificado	8,096	25,681	3,172	217,193	12,210	13,019	1,066	6,622	32,798
C180	Neoplasia maligna do ceco	123,107	213,884	1,737	73,738	78,486	93,370	1,190	18,964	3,888
C183	Neoplasia maligna da flexura (ângulo) hepática(o)	7,103	16,712	2,353	135,276	4,846	7,710	1,591	59,109	2,289
C184	Neoplasia maligna do cólon transversal	18,545	38,556	2,079	107,911	20,710	23,526	1,136	13,597	7,936
C188	Neoplasia maligna do cólon com lesão invasiva	38,623	260,794	6,752	575,231	23,245	78,146	3,362	236,187	2,435
C189	Neoplasia maligna do cólon, não especificado	152,313	387,916	2,547	154,684	294,221	502,037	1,706	70,633	2,190
C19	Neoplasia maligna da junção retossigmoide	41,866	82,574	1,972	97,233	44,880	59,127	1,317	31,746	3,063
C210	Neoplasia maligna do ânus, não especificado	15,830	25,579	1,616	61,593	12,768	12,815	1,004	0,367	167,635
C211	Neoplasia maligna do canal anal	27,228	49,030	1,801	80,071	25,144	34,559	1,374	37,444	2,138
C218	Neoplasia maligna do reto, ânus e do canal anal com lesão invasiva	8,836	35,444	4,012	301,156	6,534	9,521	1,457	45,724	6,586
C222	Hepatoblastoma	0,911	0,517	1,601	60,071	1,458	0,762	1,474	47,439	1,266
C223	Angiossarcoma do fígado	0,095	0,359	1,393	39,294	0,132	0,361	1,006	0,565	69,527
C224	Outros sarcomas do fígado	0,184	0,042	48,289	4728,921	8,878	0,122	2,907	190,738	24,793

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C229	Neoplasia maligna do fígado, não especificada	10,774	38,408	3,565	256,481	7,527	17,979	2,389	138,872	1,847
C23	Neoplasia maligna da vesícula biliar	16,211	28,527	1,760	75,968	12,846	21,411	1,667	66,672	1,139
C248	Neoplasia maligna das vias biliares com lesão invasiva	4,093	1,669	3,982	298,220	16,301	5,614	3,364	236,392	1,262
C250	Neoplasia maligna da cabeça do pâncreas	26,068	61,282	2,351	135,086	20,974	28,307	1,350	34,962	3,864
C252	Neoplasia maligna da cauda do pâncreas	0,814	2,046	4,222	322,227	3,437	3,004	1,468	46,843	6,879
C258	Neoplasia maligna do pâncreas com lesão invasiva	2,447	13,059	5,336	433,609	3,663	6,951	1,898	89,767	4,830
C259	Neoplasia maligna do pâncreas, não especificado	22,568	32,894	1,458	45,754	37,021	39,935	1,079	7,871	5,813
C260	Neoplasia maligna do trato intestinal, parte não especificada	1,612	4,755	2,950	195,044	2,486	5,759	2,317	131,671	1,481
C268	Neoplasia maligna do aparelho digestivo com lesão invasiva	3,211	5,834	1,764	76,366	5,663	10,060	1,724	72,440	1,054
C269	Neoplasia maligna de localizações mal definidas dentro do aparelho digestivo	1,798	2,097	2,633	163,299	4,735	2,327	1,109	10,946	14,918
C310	Neoplasia maligna do seio maxilar	11,862	12,022	1,014	1,350	10,356	10,342	0,999	-0,131	11,302
C311	Neoplasia maligna do seio etmoidal	0,198	0,043	3,056	205,556	0,605	0,020	0,470	-53,042	4,875
C318	Neoplasia maligna dos seios da face	2,765	4,419	1,598	59,831	3,172	1,367	0,431	-56,924	2,051

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	com lesão invasiva									
C319	Neoplasia maligna do seio da face, não especificado	1,563	2,320	1,484	48,415	3,837	4,104	1,070	6,960	6,957
C320	Neoplasia maligna da glote	54,492	105,555	1,937	93,707	40,178	48,171	1,199	19,895	4,710
C322	Neoplasia maligna da região subglótica	2,638	1,437	1,323	32,289	3,489	1,678	1,168	16,758	1,927
C323	Neoplasia maligna das cartilagens da laringe	2,647	1,583	1,392	39,209	3,684	0,485	0,306	-69,371	2,769
C330	Neoplasia maligna da traqueia	0,293	0,539	1,589	58,906	0,466	0,215	0,398	-60,183	2,022
C348	Neoplasia maligna dos brônquios e dos pulmões com lesão invasiva	39,148	135,728	3,467	246,704	23,142	39,308	1,699	69,859	3,531
C370	Neoplasia maligna do timo	1,344	7,690	4,941	394,111	6,642	4,327	0,563	-43,732	10,012
C388	Neoplasia maligna do coração, mediastino e pleura com lesão invasiva	0,370	0,334	4,321	332,051	1,598	0,644	1,926	92,554	3,588
C390	Neoplasia maligna de outras localizações e de localizações mal definidas do aparelho respiratório e dos órgãos intratorácicos	0,184	0,987	2,616	161,574	0,481	0,003	0,003	-99,652	2,621
C398	Neoplasia maligna do aparelho respiratório e dos órgãos intratorácicos com lesão invasiva	0,092	0,580	11,470	1046,952	1,061	0,051	0,088	-91,161	12,485
C403	Neoplasia maligna dos ossos curtos	1,093	1,855	1,698	69,752	0,853	1,136	1,332	33,168	2,103

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	dos membros inferiores									
C40.8	Neoplasia maligna dos ossos e cartilagens articulares dos membros com lesão invasiva	1,680	2,070	2,224	122,352	3,735	0,922	0,446	-55,439	3,207
C412	Neoplasia maligna da coluna vertebral	3,599	6,014	1,671	67,101	3,810	3,113	0,817	-18,292	4,668
C413	Neoplasia maligna das costelas, esterno e clavícula	0,092	0,585	32,519	3151,881	3,007	0,905	1,549	54,884	57,428
C430	Melanoma maligno do lábio	17,341	41,019	2,365	136,543	20,579	21,709	1,055	5,489	24,874
C431	Melanoma maligno da pálpebra, incluindo as comissuras palpebrais	1,110	0,689	1,976	97,627	2,193	1,041	1,510	50,982	1,915
C432	Melanoma maligno da orelha e do conduto auditivo externo	0,038	0,880	33,112	3211,224	1,246	1,298	1,474	47,449	67,677
C435	Melanoma maligno do tronco	4,783	4,267	2,050	104,973	9,804	3,384	0,793	-20,690	6,074
C438	Melanoma maligno invasivo da pele	10,507	37,755	3,593	259,336	8,121	10,577	1,302	30,243	8,575
C439	Melanoma maligno de pele, não especificado	22,482	29,378	1,307	30,670	20,825	24,350	1,169	16,923	1,812
C440	Neoplasia maligna da pele do lábio	8,889	26,666	3,000	199,982	9,965	14,160	1,421	42,107	4,749
C442	Neoplasia maligna da pele da orelha e do conduto auditivo externo	1,327	20,213	15,229	1422,936	3,393	7,932	2,338	133,790	10,636
C443	Neoplasia maligna da pele de outras partes e de partes não	21,192	92,365	4,358	335,845	20,859	48,154	2,309	130,857	2,567

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	especificadas da face									
C445	Neoplasia maligna da pele do tronco	1,666	2,775	9,825	882,470	16,371	3,821	1,377	37,688	23,415
C446	Neoplasia maligna da pele do membro superior, incluindo ombro	1,130	2,538	10,045	904,538	11,355	4,710	1,856	85,626	10,564
C461	Sarcoma de Kaposi de tecidos moles	0,409	0,598	17,599	1659,862	7,198	1,191	1,991	99,144	16,742
C468	Sarcoma de Kaposi de múltiplos órgãos	0,140	0,105	8,184	718,443	1,146	0,242	2,308	130,843	5,491
C472	Neoplasia maligna dos nervos periféricos dos membros inferiores, incluindo quadril	0,505	1,218	3,861	286,132	1,951	0,329	0,270	-73,010	4,919
C482	Neoplasia maligna do peritônio	0,605	1,754	3,382	238,181	2,047	0,337	0,192	-80,803	3,948
C488	Neoplasia maligna dos tecidos moles do retroperitônio e do peritônio com lesão invasiva	0,905	2,025	4,608	360,806	4,172	2,140	1,057	5,687	63,441
C490	Neoplasia maligna do tecido conjuntivo e tecidos moles da cabeça, face e pescoço	40,973	50,497	1,232	23,247	18,511	21,404	1,156	15,625	1,488
C491	Neoplasia maligna do tecido conjuntivo e tecidos moles dos membros superiores, incluindo ombro	10,892	18,151	1,667	66,650	10,228	14,152	1,384	38,375	1,737
C492	Neoplasia maligna do tecido conjuntivo e tecidos moles dos membros	17,349	31,920	1,840	83,984	13,751	23,530	1,711	71,109	1,181

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	inferiores, incluindo quadril									
C494	Neoplasia maligna do tecido conjuntivo e tecidos moles do abdome	5,076	8,616	1,698	69,753	4,889	4,718	0,965	-3,493	20,968
C496	Neoplasia maligna do tecido conjuntivo e tecidos moles do tronco	2,703	1,580	3,874	287,401	10,472	4,097	2,592	159,240	1,805
C499	Neoplasia maligna do tecido conjuntivo e tecidos moles, não especificados	33,646	51,924	1,543	54,324	33,003	42,641	1,292	29,203	1,860
C500	Neoplasia maligna do mamilo e aréola	1182,568	2052,239	1,735	73,541	863,606	1138,146	1,318	31,790	2,313
C502	Neoplasia maligna do quadrante superior interno da mama	381,148	705,106	1,850	84,995	205,321	328,989	1,602	60,232	1,411
C508	Neoplasia maligna da mama com lesão invasiva	424,585	1463,150	3,446	244,607	263,641	560,159	2,125	112,470	2,175
C509	Neoplasia maligna da mama, não especificada	1378,780	1834,013	1,330	33,017	1640,874	1812,080	1,104	10,434	3,164
C510	Neoplasia maligna dos grandes lábios	4,212	18,122	4,302	330,221	5,506	12,866	2,337	133,676	2,470
C52	Neoplasia maligna da vagina	5,628	17,121	3,042	204,192	8,767	9,370	1,069	6,878	29,686
C530	Neoplasia maligna do endocérnix	120,847	177,955	1,473	47,257	111,824	152,392	1,363	36,278	1,303
C538	Neoplasia maligna do colo do útero com lesão invasiva	177,280	367,694	2,074	107,409	88,723	142,718	1,609	60,859	1,765
C539	Neoplasia maligna do colo do útero, não especificado	135,345	241,471	1,784	78,412	272,570	243,937	0,895	-10,505	8,464

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C541	Neoplasia maligna do endométrio	109,776	174,027	1,585	58,529	100,954	152,107	1,507	50,669	1,155
C548	Neoplasia maligna do corpo do útero com lesão invasiva	16,477	39,444	2,394	139,387	5,994	7,518	1,254	25,432	5,481
C549	Neoplasia maligna do corpo do útero, não especificado	9,729	24,280	2,496	149,570	12,122	19,442	1,604	60,384	2,477
C56	Neoplasia maligna do ovário	223,965	371,260	1,658	65,767	160,169	188,634	1,178	17,772	3,701
C579	Neoplasia maligna de órgão genital feminino, não especificado	2,607	0,330	1,099	9,857	2,864	0,310	0,941	-5,924	2,664
C58	Neoplasia maligna da placenta	10,196	20,592	2,020	101,956	6,517	11,096	1,702	70,246	1,451
C601	Neoplasia maligna da glândula	1,102	0,816	2,442	144,186	2,692	1,257	1,540	53,999	2,670
C602	Neoplasia maligna do corpo do pênis	0,473	0,730	5,126	412,588	2,424	1,978	2,709	170,921	2,414
C608	Neoplasia maligna do pênis com lesão invasiva	3,321	1,770	1,289	28,924	4,281	1,623	0,917	-8,311	4,480
C609	Neoplasia maligna do pênis, não especificado	1,601	8,223	5,136	413,561	8,298	8,580	1,034	3,404	121,502
C61	Neoplasia maligna da próstata	4664,944	6259,654	1,342	34,185	3722,471	4086,055	1,098	9,767	3,500
C621	Neoplasia maligna do testículo tóxico	8,196	14,888	1,817	81,653	6,864	5,850	0,852	-14,767	6,529
C629	Neoplasia maligna do testículo, sem outras especificações	10,203	28,202	2,764	176,414	17,589	31,736	1,804	80,429	2,193
C640	Neoplasia maligna do rim, exceto pelve renal	68,601	115,632	1,686	68,558	54,962	70,372	1,280	28,036	2,445

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C650	Neoplasia maligna da pelve renal	4,621	4,004	2,403	140,263	11,102	3,100	0,774	-22,564	7,216
C660	Neoplasia maligna dos ureteres	0,575	1,629	4,224	322,381	2,429	1,189	0,730	-27,007	12,937
C670	Neoplasia maligna do trígono da bexiga	104,800	236,781	2,259	125,936	69,738	87,568	1,256	25,566	4,926
C675	Neoplasia maligna do colo da bexiga	5,929	8,323	1,404	40,376	13,302	5,559	0,418	-58,207	2,442
C676	Neoplasia maligna do orifício uretérico	0,285	2,103	1,978	97,823	0,564	0,449	0,214	-78,643	2,244
C677	Neoplasia maligna do úraco	0,274	0,600	12,679	1167,881	3,476	2,698	4,495	349,453	3,342
C678	Neoplasia maligna da bexiga com lesão invasiva	18,835	51,118	2,714	171,400	12,368	30,799	2,490	149,020	1,150
C680	Neoplasia maligna da uretra	0,270	6,212	6,837	583,668	1,849	0,529	0,085	-91,493	7,379
C688	Neoplasia maligna dos órgãos urinários com lesão invasiva	1,166	0,758	1,852	85,218	2,160	0,054	0,071	-92,864	2,090
C690	Neoplasia maligna da conjuntiva	0,581	3,693	10,289	928,893	5,976	2,771	0,750	-24,970	38,200
C691	Neoplasia maligna da córnea	0,085	0,126	6,275	527,537	0,534	0,041	0,321	-67,868	8,773
C694	Neoplasia maligna do corpo ciliar	1,053	0,276	1,093	9,275	1,151	0,000	0,000	-100,000	11,782
C695	Neoplasia maligna da glândula e canal lacrimal	0,464	0,084	1,217	21,661	0,564	0,000	0,000	-100,000	5,617
C709	Neoplasia maligna da meninge, não especificada	0,228	0,883	3,857	285,706	0,881	0,374	0,423	-57,651	5,956
C710	Neoplasia maligna do cérebro, exceto	38,754	53,354	1,377	37,675	37,551	38,516	1,026	2,569	14,666

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	lobos e ventrículos									
C714	Neoplasia maligna do lobo occipital	2,041	5,583	1,570	56,978	3,204	0,927	0,166	-83,402	2,464
C716	Neoplasia maligna do cerebelo	7,754	16,754	2,161	116,066	12,909	9,077	0,703	-29,684	4,910
C717	Neoplasia maligna do tronco cerebral	6,034	6,127	1,015	1,539	4,418	2,211	0,500	-49,952	33,462
C718	Neoplasia maligna do encéfalo com lesão invasiva	10,245	45,553	4,446	344,645	20,603	22,064	1,071	7,087	48,631
C720	Neoplasia maligna da medula espinhal	1,957	7,206	2,696	169,570	5,276	7,931	1,101	10,061	16,854
C724	Neoplasia maligna do nervo acústico	0,092	0,210	25,070	2407,004	2,318	0,628	2,984	198,448	12,129
C740	Neoplasia maligna do córtex da suprarrenal	3,655	0,792	2,882	188,244	10,535	1,252	1,582	58,163	3,236
C741	Neoplasia maligna da medula da suprarrenal	0,927	2,286	1,806	80,597	1,675	0,517	0,226	-77,358	2,042
C760	Neoplasia maligna da cabeça, face e pescoço	18,462	51,618	2,796	179,583	30,880	64,080	2,075	107,510	1,670
C761	Neoplasia maligna do tórax	3,748	8,930	2,383	138,257	2,864	0,556	0,194	-80,588	2,716
C770	Neoplasia maligna secundária e não especificada dos gânglios linfáticos da cabeça, face e pescoço	17,783	24,306	1,367	36,680	14,260	15,557	1,091	9,099	4,031
C772	Neoplasia maligna secundária e não especificada dos gânglios linfáticos intra-abdominais	0,235	0,647	1,103	10,338	0,259	0,628	0,970	-2,978	4,471

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C774	Neoplasia maligna secundária e não especificada dos gânglios linfáticos inguinais e dos membros inferiores	0,779	0,822	1,368	36,763	1,065	0,886	1,078	7,839	4,690
C778	Neoplasia maligna secundária e não especificada dos gânglios linfáticos de múltiplas regiões	0,552	0,187	8,301	730,114	4,585	0,283	1,513	51,333	14,223
C787	Neoplasia maligna secundária do fígado	0,446	0,457	9,563	856,348	4,266	3,309	7,242	624,212	1,372
C792	Neoplasia maligna secundária da pele	0,113	0,417	3,721	272,119	0,420	0,173	0,414	-58,563	5,647
C793	Neoplasia maligna secundária do encéfalo e das meninges cerebrais	4,493	10,510	2,339	133,943	11,950	13,101	1,096	9,638	13,897
C795	Neoplasia maligna secundária dos ossos e da medula óssea	17,702	45,637	2,578	157,812	40,501	53,451	1,320	31,974	4,936
C798	Neoplasia maligna secundária de outra localização especificada	0,747	4,484	7,940	693,968	5,932	3,059	0,682	-31,785	22,833
C80	Neoplasia maligna, sem especificação de localização	205,555	3120,210	15,179	1417,946	93,188	373,971	4,013	301,307	4,706
C810	Doença de Hodgkin, predominância linfocítica	33,303	55,201	1,658	65,754	20,150	28,455	1,412	41,219	1,595
C812	Doença de Hodgkin, celularidade mista	6,138	16,344	2,663	166,287	8,172	9,528	1,166	16,595	10,020

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C820	Linfoma não Hodgkin, pequenas células clivadas, folicular	5,466	13,081	2,393	139,308	9,169	7,811	0,852	-14,805	10,409
C822	Linfoma não Hodgkin, grandes células, folicular	3,842	5,639	1,368	36,769	5,254	7,509	1,332	33,172	1,108
C831	Linfoma não Hodgkin difuso, pequenas células clivadas (difuso)	0,832	11,237	13,505	1250,456	4,920	4,002	0,813	-18,665	67,996
C833	Linfoma não Hodgkin difuso, grandes células (difuso)	106,684	134,921	1,265	26,467	97,358	104,804	1,076	7,648	3,461
C836	Linfoma não Hodgkin difuso, indiferenciado (difuso)	0,588	0,504	2,790	178,995	1,640	0,248	0,493	-50,731	4,528
C837	Tumor de Burkitt	5,645	7,520	1,332	33,208	5,197	4,270	0,822	-17,837	2,862
C839	Linfoma não Hodgkin difuso, não especificado	23,175	34,016	1,468	46,776	41,479	45,416	1,095	9,491	4,928
C840	Micose fungoide	3,239	27,048	8,350	735,022	270,277	465,319	1,722	72,164	10,185
C841	Doença de Sézary	0,038	3,874	1,348	34,812	0,051	2,095	0,541	-45,926	2,319
C842	Linfoma da zona T	0,217	0,968	11,346	1034,642	2,460	2,014	2,080	107,951	9,584
C851	Linfoma de células B, não especificado	0,760	14,996	19,733	1873,264	2,919	19,403	6,646	564,629	3,318
C859	Linfoma não Hodgkin de tipo não especificado	13,734	37,239	2,711	171,146	31,952	53,447	1,673	67,269	2,544
C900	Mieloma múltiplo	241,001	436,426	1,811	81,089	303,546	386,116	1,272	27,202	2,981
C902	Plasmocitoma extramedular	10,698	15,047	1,407	40,651	10,357	8,088	0,781	-21,908	2,856
C911	Leucemia linfocítica crônica	55,019	97,085	1,765	76,458	66,389	104,076	1,568	56,766	1,347
C913	Leucemia pró-linfocítica	0,265	0,482	4,046	304,551	1,074	0,285	0,591	-40,885	8,449

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
C914	Leucemia de células pilosas	0,729	3,440	6,612	561,230	4,818	2,525	0,734	-26,587	22,109
C921	Leucemia mieloide crônica	308,585	425,693	1,379	37,950	402,606	510,424	1,268	26,780	1,417
C922	Leucemia mieloide subaguda	0,092	0,509	7,639	663,909	0,706	0,000	0,000	-100,000	7,639
C923	Sarcoma mieloide	0,551	0,678	2,323	132,345	1,280	0,556	0,821	-17,945	8,375
C924	Leucemia pró-mielocítica aguda	19,187	29,501	1,538	53,758	14,221	20,168	1,418	41,825	1,285
C927	Outras leucemias mieloides	0,885	0,929	3,534	253,366	3,127	1,142	1,229	22,936	11,047
C929	Leucemia mieloide, não especificada	0,091	2,498	49,062	4806,232	4,483	8,539	3,419	241,906	19,868
C931	Leucemia monocítica crônica	0,690	1,058	1,284	28,415	0,886	0,272	0,257	-74,306	3,615
C945	Mielofibrose aguda	0,790	0,942	15,520	1451,997	12,263	8,590	9,122	812,244	1,788
C960	Doença de Letterer-Siwe	0,506	8,493	2,344	134,422	1,185	5,575	0,656	-34,351	4,913
C967	Outras neoplasias malignas especificadas dos tecidos linfático, hematopoiético e tecidos correlatos	3,602	3,933	1,552	55,172	5,589	3,108	0,790	-20,978	3,630
C969	Neoplasia maligna dos tecidos linfático, hematopoiético e tecidos correlatos, não especificada	0,237	0,786	4,073	307,254	0,964	0,833	1,060	5,958	51,570
D013	Carcinoma in situ do ânus e canal anal	1,474	0,557	1,105	10,491	1,628	0,333	0,597	-40,255	4,837
D014	Carcinoma in situ de outras partes do intestino e as não especificadas	0,140	0,670	6,224	522,432	0,872	0,284	0,424	-57,601	10,070
D015	Carcinoma in situ do fígado,	66,235	67,641	1,729	72,925	114,537	0,186	0,003	-99,725	2,368

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	vesícula biliar e vias biliares									
D030	Melanoma in situ do lábio	0,335	0,042	4,726	372,570	1,585	0,000	0,000	-100,000	4,726
D040	Carcinoma in situ da pele do lábio	0,129	0,541	2,402	140,220	0,310	0,952	1,760	75,975	1,846
D043	Carcinoma in situ da pele de outras partes e de partes não especificadas da face	0,091	0,184	117,819	11681,857	10,766	0,968	5,253	425,292	27,468
D048	Carcinoma in situ da pele de outras localizações	1,180	0,498	4,681	368,091	5,521	0,565	1,135	13,470	27,326
D049	Carcinoma in situ da pele, não especificada	4,579	9,034	4,289	328,914	19,639	7,915	0,876	-12,390	27,546
D060	Carcinoma in situ do endocervix	9,700	38,793	3,999	299,932	14,488	13,025	0,899	-10,096	30,708
D067	Carcinoma in situ de outras partes do colo do útero	2,114	4,402	2,082	108,211	3,668	2,562	0,698	-30,161	4,588
D072	Carcinoma in situ da vagina	0,038	0,438	10,609	960,894	0,399	0,506	1,153	15,294	62,828
D102	Neoplasia benigna do assoalho da boca	1,623	1,009	2,189	118,867	3,552	1,721	1,706	70,604	1,684
D104	Neoplasia benigna da amígdala	0,235	0,119	4,480	348,004	1,055	0,148	1,245	24,500	14,204
D122	Neoplasia benigna do cólon ascendente	0,190	0,119	8,110	711,031	1,542	0,413	3,465	246,477	2,885
D128	Neoplasia benigna do reto	2,101	2,808	1,367	36,654	2,871	0,242	0,086	-91,382	3,493
D131	Neoplasia benigna do estômago	0,457	1,505	2,618	161,775	1,196	0,061	0,041	-95,930	2,686
D142	Neoplasia benigna da traqueia	9,264	22,992	2,358	135,830	21,847	30,164	1,312	31,193	4,355
D160	Neoplasia benigna da omoplata	1,288	2,004	1,556	55,553	1,267	0,865	0,683	-31,680	2,754

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	(escápula) e ossos longos dos membros superiores									
D161	Neoplasia benigna dos ossos curtos dos membros superiores	0,048	0,638	13,001	1200,078	0,618	0,435	0,682	-31,784	38,758
D162	Neoplasia benigna dos ossos longos dos membros inferiores	0,525	0,603	2,828	182,782	1,483	0,630	1,044	4,422	41,332
D165	Neoplasia benigna do osso da mandíbula	0,184	0,295	2,851	185,050	0,524	0,384	1,303	30,340	6,099
D166	Neoplasia benigna da coluna vertebral	0,185	0,397	1,931	93,084	0,357	0,407	1,025	2,523	36,897
D169	Neoplasia benigna do osso e cartilagem articular, não especificado	0,823	0,789	2,088	108,812	1,718	0,695	0,882	-11,838	10,192
D172	Neoplasia lipomatosa benigna da pele e tecido subcutâneo dos membros	0,094	0,311	85,633	8463,262	8,045	2,231	7,172	617,232	13,712
D173	Neoplasia lipomatosa benigna da pele e tecido subcutâneo de outras localizações e de localizações não especificadas	0,215	7,049	2,714	171,401	0,584	11,787	1,672	67,220	2,550
D177	Neoplasia lipomatosa benigna de outras localizações	0,554	1,520	4,205	320,455	2,328	1,572	1,034	3,367	95,161
D180	Hemangioma de qualquer localização	5,848	6,986	1,195	19,457	9,259	5,840	0,631	-36,922	2,898
D211	Neoplasia benigna do tecido conjuntivo e outros tecidos	0,565	0,437	2,878	187,836	1,626	0,627	1,435	43,477	4,320

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	moles dos membros superiores, incluindo ombro									
D221	Nevo melanocítico da pálpebra, incluindo o canto	0,092	0,311	1,878	87,847	0,174	0,023	0,075	-92,469	2,053
D223	Nevo melanocítico de outras partes e de partes não especificadas da face	0,038	3,015	71,534	7053,405	2,691	0,638	0,212	-78,842	90,462
D224	Nevo melanocítico do couro cabeludo e do pescoço	0,336	0,759	4,151	315,101	1,394	0,081	0,107	-89,335	4,527
D225	Nevo melanocítico do tronco	0,183	2,149	14,558	1355,824	2,661	0,432	0,201	-79,915	17,966
D230	Neoplasia benigna da pele dos lábios	0,505	0,859	1,044	4,353	0,527	0,503	0,586	-41,437	10,519
D231	Neoplasia benigna da pele da pálpebra, incluindo o canto	0,091	1,272	4,338	333,815	0,396	0,257	0,202	-79,825	5,182
D233	Neoplasia benigna da pele de outras partes e de partes não especificadas da face	0,168	1,133	2,196	119,592	0,368	0,587	0,518	-48,162	3,483
D261	Neoplasia benigna do corpo do útero	0,091	0,042	10,577	957,722	0,967	0,020	0,473	-52,653	19,189
D269	Neoplasia benigna do útero, não especificado	0,183	0,517	1,203	20,271	0,220	0,064	0,125	-87,545	5,319
D291	Neoplasia benigna da próstata	1,478	2,637	1,784	78,393	0,926	1,648	1,780	77,969	1,005
D304	Neoplasia benigna da uretra	0,457	1,458	3,191	219,114	0,042	0,041	0,977	-2,294	96,523
D309	Neoplasia benigna de órgão urinário, não especificado	3,946	6,251	1,584	58,404	0,084	0,000	0,000	-100,000	2,712

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
D320	Neoplasia benigna das meninges cerebrais	1,058	2,927	2,766	176,637	1,484	2,992	2,016	101,583	1,739
D332	Neoplasia benigna do encéfalo, não especificado	0,188	1,469	7,816	681,627	1,691	3,648	2,158	115,755	5,889
D334	Neoplasia benigna da medula espinhal	0,226	1,507	6,676	567,638	0,101	0,285	2,831	183,143	3,099
D352	Neoplasia benigna da glândula hipófise (pituitária)	0,369	2,672	7,237	623,704	1,885	2,840	1,507	50,677	12,307
D367	Neoplasia benigna de outras localizações especificadas	0,170	1,473	8,648	764,817	3,787	2,240	0,591	-40,858	19,719
D370	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do lábio, cavidade oral e faringe	1,215	2,291	1,885	88,532	1,196	1,466	1,226	22,608	3,916
D372	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do intestino delgado	0,038	0,969	25,765	2476,500	0,502	1,955	3,892	289,199	8,563
D374	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido dos cólons	0,038	0,743	19,743	1874,296	0,147	0,527	3,589	258,911	7,239
D377	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido de outros órgãos digestivos	14,450	57,163	3,956	295,579	4,826	0,624	0,129	-87,069	4,395
D380	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido da laringe	6,860	7,882	1,149	14,906	3,531	2,436	0,690	-30,994	3,079
D382	Neoplasia de comportamento incerto ou	0,260	1,069	4,108	310,795	3,054	2,596	0,850	-15,016	21,698

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
	desconhecido da pleura									
D431	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do encéfalo, infratentorial	0,311	3,259	10,489	948,922	6,253	3,744	0,599	-40,119	24,653
D432	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do encéfalo, não especificado	1,852	5,499	2,970	196,956	14,021	15,489	1,105	10,464	18,823
D434	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido da medula espinhal	0,169	2,546	15,037	1403,688	1,140	2,474	2,170	116,975	12,000
D443	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido da glândula hipófise (pituitária)	0,211	0,926	4,383	338,295	11,776	3,360	0,285	-71,469	5,733
D45	Policitemia vera	56,946	116,890	2,053	105,265	81,782	108,049	1,321	32,118	3,277
D461	Anemia refratária com sideroblastos	0,331	0,911	2,756	175,579	0,928	0,244	0,263	-73,733	3,381
D462	Anemia refratária com excesso de blastos	0,691	7,097	10,272	927,201	5,611	5,098	0,908	-9,150	102,333
D463	Anemia refratária com excesso de blastos com transformação	21,656	42,664	1,970	97,009	15,482	15,970	1,031	3,148	30,812
D464	Anemia refratária, não especificada	6,470	18,131	2,802	180,218	7,298	16,833	2,306	130,645	1,379
D467	Outras síndromes mielodisplásicas	3,328	24,989	7,510	650,978	2,979	13,935	4,677	367,727	1,770
D469	Síndrome mielodisplásica, não especificada	15,371	29,249	1,903	90,287	40,328	52,949	1,313	31,295	2,885
D472	Gamopatia monoclonal	0,860	12,885	14,983	1398,260	7,170	10,399	1,450	45,039	31,046

CID-10	Nome do Agravado	Incidência acumulada Atingidos ANTES	Incidência Acumulada Atingidos DEPOIS	Razão de Incidências Atingidos	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Atingidos	Incidência Acumulada Controles ANTES	Incidência Acumulada Controles DEPOIS	Razão de Incidências Controles	% da Diferença entre ANTES e DEPOIS Controles	Diferença entre Atingidos e Controles#
D473	Trombocitemia essencial (hemorrágica)	162,282	245,019	1,510	50,984	203,456	246,299	1,211	21,058	2,421
D477	Outras neoplasias especificadas de comportamento incerto ou desconhecido dos tecidos linfático, hematopoiético e tecidos relacionados	19,285	35,582	1,845	84,508	0,085	0,102	1,200	20,024	4,220
D480	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido dos ossos e cartilagens articulares	3,651	4,543	1,244	24,438	5,395	2,718	0,504	-49,614	3,030
D481	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do tecido conjuntivo e outros tecidos moles	0,666	4,629	6,949	594,911	2,153	1,215	0,564	-43,580	14,651
D483	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do retroperitônio	0,092	1,541	16,669	1566,863	0,272	0,341	1,252	25,213	62,146
D484	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido do peritônio	0,075	0,368	4,894	389,435	0,751	0,813	1,083	8,348	46,651
D486	Neoplasia de comportamento incerto ou desconhecido da mama	193,934	407,537	2,101	110,141	123,173	117,163	0,951	-4,879	23,572

Comparação entre a diferença antes e depois para atingidos e controles. Indica quantas vezes a mais casos houve depois do rompimento da barragem para atingidos em comparação com os controles

Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados SIA (2008-2020).