

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

**MILENNA DINIZ CORDEIRO**

**PROJEÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DO PROGRAMA DE  
TRANSFERÊNCIA DE RENDA EM BRUMADINHO E REGIÃO**

Belo Horizonte

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL

**MILENNA DINIZ CORDEIRO**

**PROJEÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DO PROGRAMA DE  
TRANSFERÊNCIA DE RENDA EM BRUMADINHO E REGIÃO**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação em Economia do Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Aline Souza Magalhães

Belo Horizonte

2024

Ficha Catalográfica

C794p  
2024

Cordeiro, Milenna Diniz.  
Projeção dos impactos socioeconômicos do programa de transferência de renda em Brumadinho e região (manuscrito) / Milenna Diniz Cordeiro. – 2024.  
1 v.: il.

Orientadora: Aline Souza Magalhães.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.  
Inclui bibliografia e apêndice.

1. Tecnologia e desenvolvimento econômico – Teses. 2. China – políticas econômicas – Teses. 3. Economia – Teses. I. Magalhães, Aline Souza. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional. III. Título.

CDD: 308.6

Elaborada pela Biblioteca da FACE/UFMG – 175/2024  
Adriana Kelly Rodrigues - CRB6/2572



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

### PROJEÇÃO DOS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS DO PROGRAMA DE TRANSFERÊNCIA DE RENDA EM BRUMADINHO E REGIÃO

**MILENNA DINIZ CORDEIRO**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia 28 de março de 2024, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Profa. Aline Souza Magalhães (Orientadora) (CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof. Édson Paulo Domingues (CEDEPLAR/FACE/UFMG)

Prof. Celso Bissoli Sessa (Universidade Federal do Espírito Santo/UFES)

Belo Horizonte, 28 de março de 2024.

PROF. RAFAEL SAULO MARQUES RIBEIRO

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Economia



Documento assinado eletronicamente por **Edson Paulo Domingues, Subcoordenador(a)**, em 11/04/2024, às 12:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Aline Souza Magalhaes, Professora do Magistério Superior**, em 11/04/2024, às 14:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Celso Bissoli Sessa, Usuário Externo**, em 16/04/2024, às 10:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Saulo Marques Ribeiro, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 16/04/2024, às 15:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **3140756** e o código CRC **8B7E64D6**.

---

Referência: Processo nº 23072.218227/2024-47

SEI nº 3140756

*“Mas a saudade é isto mesmo; é o passar  
e repassar das memórias antigas”*

*Machado de Assis*

*Dedico esta dissertação a você, Vô Tininho*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus a oportunidade e mais uma etapa vencida.

Aos meus pais, irmão e familiares pelo apoio e incentivo incondicionais.

À minha orientadora, Aline, pelo acolhimento, disponibilidade e conhecimentos compartilhados.

Aos professores e amigos do CEDEPLAR, lugar que sempre vou lembrar com carinho.

À UFMG pela excelência ao longo destes 10 anos de formação.

Por fim, dedico este trabalho também a todos os familiares das vítimas do rompimento da Barragem de Córrego do Feijão. Aqui também grito por justiça.

## RESUMO

O desastre ocorrido em 25 de janeiro de 2019, com o rompimento da barragem de rejeitos da Mina de Córrego do Feijão, da Vale S.A., em Brumadinho, Minas Gerais, é considerado o maior desastre humano e ambiental do Brasil, causando enormes perdas humanas, econômicas, sociais e ambientais. Este evento desencadeou a necessidade de medidas de reparação e recuperação das áreas afetadas, incluindo a implementação de um Programa de Transferência de Renda (PTR). O PTR, além de outras ações, foi uma resposta adotada para amenizar os impactos econômicos nas regiões atingidas pelo desastre. O acordo judicial de reparação, homologado em fevereiro de 2021, envolveu o pagamento de R\$4,4 bilhões pela Vale S.A., destinado à reparar a população afetada. Este auxílio emergencial é considerado o maior programa de transferência de renda privada do mundo. A dissertação tem como foco investigar os impactos econômicos do PTR nos municípios beneficiados, com ênfase nos efeitos regionais e setoriais. Para isso, foi desenvolvido o modelo IMAGEM-Brumadinho, um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) especificado para as economias afetadas pelo desastre. Os resultados indicam que o PTR foi responsável por manter o consumo das famílias nas regiões consideradas, contribuindo para sustentar certo crescimento econômico a depender das relações comerciais inter-setoriais e regionais dos municípios. No geral, estima-se que regiões com representativo aumento do consumo das famílias apresentaram crescimento do PIB, aumento das importações, além de crescimento generalizado de preços. Ademais, os resultados sugerem que as transferências tiveram efeito positivo sobre serviços e comércio.

**Palavras-chave: Programas de transferência de renda. Brumadinho. Desastre tecnológico. Estrutura Produtiva. Equilíbrio Geral Computável**

## ABSTRACT

The disaster that occurred on January 25, 2019, with the rupture of the tailings dam at the Córrego do Feijão Mine, owned by Vale S.A., in Brumadinho, Minas Gerais, is considered the largest human and environmental disaster in Brazil, causing immense human, economic, social, and environmental losses. This event triggered the need for measures of repair and recovery in the affected areas, including the implementation of an Income Transfer Program (ITP). The ITP, along with other actions, was a response adopted to mitigate the economic impacts in the regions affected by the disaster. The judicial agreement for reparation, ratified in February 2021, involved the payment of R\$4.4 billion by Vale S.A., aimed at repairing the affected population. This emergency aid is considered the largest private income transfer program in the world. The dissertation aims to investigate the economic impacts of the ITP on the benefited municipalities, with an emphasis on regional and sectoral effects. For this purpose, the IMAGEM-Brumadinho model was developed, a Computable General Equilibrium (CGE) model specified for the economies affected by the disaster. The results indicate that the ITP was responsible for a significant increase in household consumption in the considered regions, which translates into economic growth or not depending on the inter-sectoral and regional trade relations of the municipalities. Overall, it is estimated that regions with a large increase in household consumption showed GDP growth, increased imports, and an increase in prices. Furthermore, transfers have a positive effect on services and trade.

**Keywords: Income transfer programs. Brumadinho. Technological disaster. Production structure. Computable General Equilibrium.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Vista aérea das barragens da mina de Córrego do Feijão .....	22
Figura 2: Visão aérea da mina Córrego do Feijão em dezembro de 2018 (a) e fevereiro de 2019 (b).....	23
Figura 3: Poligonais de contemplados pelo Programa de Transferência de Renda.....	26
Figura 4: Estrutura Hierárquica da Tecnologia de Produção .....	48
Figura 5: Mecanismo de Composição da Demanda Familiar/Regional .....	49
Figura 6: Regionalização do modelo IMAGEM-Brumadinho .....	54
Figura 7: Estrutura Inicial da Base de Dados do Modelo IMAGEM-Brumadinho.....	56
Figura 8: Impacto das transferências de renda sobre o PIB nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	87
Figura 9: Impacto das transferências de renda sobre o consumo das famílias nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022) .....	88
Figura 10: Impacto das transferências de renda sobre os investimentos nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	89
Figura 11: Impacto das transferências de renda sobre as exportações nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	90
Figura 12: Impacto das transferências de renda sobre o índice de preços nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	91
Figura 13: Impacto das transferências de renda sobre as importações nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	92
Figura 14: Impacto das transferências de renda sobre o emprego nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	94
Figura 15: Impacto das transferências de renda sobre os serviços nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	95
Figura 16: Impacto das transferências de renda sobre o comércio nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	96
Figura 17: Impacto das transferências de renda sobre a agricultura nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	97
Figura 18: Impacto das transferências de renda sobre a indústria extrativa nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022).....	98
Figura 19: Impacto das transferências de renda sobre a extração de minério de ferro nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022) .....	99

Figura 20: Impacto das transferências de renda sobre a indústria de transformação nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022) ..... 100

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Participação das Atividades Econômicas no PIB (2015) .....	58
Tabela 2: Parâmetros e Elasticidades do Modelo IMAGEM-Brumadinho .....	64
Tabela 3: Participação no PIB de cada região do modelo IMAGEM-Brumadinho em relação ao PIB nacional .....	66
Tabela 4: Participação dos setores do Modelo IMAGEM-Brumadinho no total da produção setorial .....	67
Tabela 5: Demanda das famílias como proporção do PIB das regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho .....	68
Tabela 6: Auxílio Emergencial/PTR transferidos entre 2019 e 2022 por município .....	70
Tabela 7: Recursos transferidos pela Vale entre fevereiro de 2019 e outubro de 2021 por município .....	72
Tabela 8: Recursos transferidos em âmbito do PTR entre novembro de 2021 e dezembro de 2022 por município .....	73
Tabela 9: Choques históricos adotados no cenário base (variação percentual anual) .....	78
Tabela 10: Choques sobre o consumo das famílias decorrentes das transferências de renda (%) .....	80
Tabela 11: Impacto das transferências de renda sobre indicadores econômicos em Brumadinho-MG (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base) .....	82

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil a partir de 1986 .....	32
Quadro 2: Participações Regionais para o Procedimento de Regionalização .....	57
Quadro 3: Dados Adicionais para o Procedimento de Regionalização .....	59
Quadro 4: Descrição Setorial da Base de Dados do IMAGEM-Brumadinho .....	65
Quadro 5: Descrição das variáveis exógenas no fechamento padrão .....	77
Quadro 6: Alterações do fechamento padrão para o cenário base.....	78
Quadro 7: Alterações do fechamento padrão para o cenário de política .....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Composição da receita orçamentária do município de Brumadinho.....	20
Gráfico 2: Impacto das transferências sobre o consumo das famílias em Brumadinho-MG entre 2019 e 2021 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base).....	83
Gráfico 3: Impacto das transferências sobre indicadores econômicos em Brumadinho-MG entre 2019 e 2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base).....	84
Gráfico 4: Impacto setorial das transferências de renda em Brumadinho-MG, 2019-2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base).....	85
Gráfico 5: Contribuição setorial na composição do PIB de Brumadinho em termos da variação percentual acumulada, 2019-2022 .....	86
Gráfico 6: Contribuição dos componentes na composição do PIB das regiões consideradas pelo Modelo IMAGEM-Brumadinho, 2019-2022 .....	93

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
CBMMG	Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
<i>CES</i>	<i>Constant Elasticity of Substitution</i>
CFEM	Compensação Financeira de Recursos Minerais
<i>CFW</i>	<i>Cash for Work</i>
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
<i>DECT</i>	<i>Dowa Emergency Cash Transfer</i>
DPMG	Defensoria Pública de Minas Gerais
EGC	Equilíbrio Geral Computável
FGV	Fundação Getúlio Vargas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
<i>IMAGEM-Brumadinho</i>	<i>Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model - IMAGEM--Brumadinho</i>
<i>IMAGEM-MG</i>	<i>Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model - Minas Gerais</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
<i>LES</i>	<i>Linear Expenditure System</i>
MIP	Matriz de Insumo-Produto
MPF	Ministério Público Federal
MPMG	Ministério Público de Minas Gerais
NMC	Nomenclatura Comum do Mercosul
PIA	Pesquisa Industrial Anual
PIB	Produto Interno Bruto
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
PTR	Programa de Transferência de Renda
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
<i>TERM</i>	<i>The Enormous Regional Model</i>
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
URF	Unidade da Receita Federação
<i>USAID</i>	<i>United States Agency for International Development</i>
VAB	Valor Agregado Bruto
<i>WFP</i>	<i>World Food Programme</i>
<i>ZECT</i>	<i>Zimbabwe Emergency Cash Transfer</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Brumadinho e o rompimento da barragem de Córrego do Feijão .....</b>	<b>18</b>
2.1.1 Contextualização pré-desastre .....	18
2.1.2 O rompimento da barragem de Córrego de Feijão .....	21
<b>2.2 Desastres naturais e tecnológicos e seus impactos .....</b>	<b>27</b>
2.2.1 Conceitos .....	27
2.2.2 Desastres tecnológicos.....	29
2.2.3 Impactos de desastres naturais e tecnológicos.....	33
<b>2.3 Recuperação de desastres e transferências de rendas .....</b>	<b>34</b>
2.3.1 Recuperação de indivíduos, comunidades e da economia pós desastres.....	35
2.3.2 Programas de transferências de renda como medida de reparação em desastres e emergências .....	36
2.3.3 Efeitos econômicos dos programas de transferências de renda em desastres e emergências .....	40
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1 Modelo IMAGEM-Brumadinho: Características Gerais e Estrutura Teórica .....</b>	<b>46</b>
3.1.1 Produção Setorial.....	48
3.1.2 Demanda Regional/Famílias.....	49
3.1.3 Demanda por Bens de Investimento .....	51
3.1.4 Demanda do Governo, Estoques e Exportações .....	52
3.1.5 Mercado de Trabalho.....	52
3.1.6 Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra.....	52
<b>3.2 Base de Dados e Regionalização .....</b>	<b>53</b>
<b>3.3 Parâmetros e Elasticidades .....</b>	<b>64</b>
<b>3.4 Agregação Setorial.....</b>	<b>65</b>
<b>3.5 Descrição da Base de Dados do Modelo.....</b>	<b>65</b>
<b>3.6 Descrição da Base de Dados das Transferências de Renda .....</b>	<b>68</b>
<b>4. SIMULAÇÕES E RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
<b>4.1 Fechamentos e Choques .....</b>	<b>75</b>
4.1.1 Cenário Base.....	78
4.1.2 Cenário de Política.....	79
<b>4.2 Resultados da Simulações .....</b>	<b>81</b>
4.2.1 Município de Brumadinho.....	82
4.2.2 Demais Regiões .....	86
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>101</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>104</b>

<b>ANEXO A - Impacto das transferências de renda sobre indicadores econômicos nas regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho, 2019-2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base) .....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXO B - Impacto das transferências de renda sobre os setores nas regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho, 2019-2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base) .....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em 25 de janeiro de 2019, às 12h28, a barragem de rejeitos I da Mina de Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., se rompeu, no que é conhecido como o maior desastre humano e ambiental do Brasil e o maior desastre humanitário no setor minerário (ROTTA *et al.*, 2020; THOMPSON *et al.*, 2023). A estrutura tinha 86 metros de altura e 720 metros de comprimento de crista, e seu rompimento liberou 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de minério sobre parte das operações da mina, além de atingir moradias, fauna e flora ao longo de 10km, até desaguar no rio Paraopeba. O desastre causou a morte de 272 pessoas e 3 delas seguem desaparecidas até o momento.

As perdas humanas, além do impacto econômico, social e ambiental gerado torna o rompimento da barragem um desastre tecnológico. Os desastres são definidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) como a destruição do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais (UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, 2009) com diversas causas, onde o tecnológico é causado por ação humana. São eventos com inúmeros impactos negativos e, portanto, demandam medidas de reparação e recuperação das pessoas e áreas atingidas.

Em Brumadinho, dentre as diversas ações em curso, há também um Programa de Transferência de Renda (PTR) implementado nas regiões atingidas direta e indiretamente pelo desastre em questão. Em 4 de fevereiro de 2021, o Governo de Minas Gerais, o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), o Ministério Público Federal (MPF) e a Defensoria Pública de Minas Gerais (DPMG) homologaram o Acordo Judicial de Reparação, onde está o pagamento de R\$4,4 bilhões, custeado pela Vale S.A., a partir de novembro de 2021, com duração de aproximadamente 4 anos. Antes disso, entre abril de 2019 e novembro de 2021, a empresa realizou pagamentos emergenciais para toda a população de Brumadinho e residentes em até 1 km da calha do rio Paraopeba até o município de Pompéu. O Auxílio Emergencial/PTR ocorrido em Brumadinho e região é o maior programa de transferência de renda privada do mundo (TRINDADE, 2024).

Diante do disposto, a pergunta de pesquisa desta dissertação é: quais os impactos econômicos do PTR nos municípios beneficiados? De modo mais específico: Quais os efeitos regionais e setoriais desta política de reparação observada nesse período?

O presente estudo propõe projetar os efeitos do Auxílio Emergencial/PTR com foco nos impactos sobre a trajetória dos principais agregados macroeconômicos e com detalhamento regional e setorial. Para tanto, foi desenvolvido o modelo IMAGEM-Brumadinho (*Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model – Brumadinho*), um modelo de Equilíbrio Geral Computável (EGC) especificado para as economias atingidas pelo desastre. Sua base de dados foi construída para 22 regiões e 126 setores. Este método explicita o comportamento e as relações interdependentes entre os diferentes setores e agentes econômicos através de equações, incluindo decisões das famílias. Assim, o modelo possibilita identificar os efeitos líquidos do PTR e, portanto, contribuir para a análise de políticas de recuperação e reparação em desastre, em especial as transferências de renda.

O trabalho está organizando em cinco capítulos. O segundo capítulo apresenta o desastre ocorrido em Brumadinho e faz uma revisão da literatura sobre desastre naturais e tecnológicos, assim como discute formas de reparação destes eventos. O terceiro capítulo apresenta o modelo IMAGEM-Brumadinho, sua base de dados e a regionalização proposta para este trabalho. O quarto capítulo descreve as estratégias de simulações adotadas e apresenta os resultados obtidos. Por fim, o quinto capítulo tece as considerações finais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

O rompimento da barragem de Córrego do Feijão, como ficou conhecida o desastre tecnológico ocorrido na cidade de Brumadinho, estado de Minas Gerais, em 2019, causou um derramamento de lama tóxica numa área equivalente a 450 campos de futebol (ROTTA *et al.*, 2020) e resultou na morte de 272 pessoas, além de grande impacto ambiental, econômico e social. O evento constitui um desastre tecnológico à medida que levou a interrupções e rupturas no cotidiano dos territórios atingidos a partir de ações humanas. É, portanto, um acidente de trabalho que se amplia no espaço e no tempo (FREITAS; SILVA, 2019).

A literatura sobre desastres não é consensual acerca da sua definição. Enquanto a sociologia foca no desastre como um evento que causa grande disrupção social (PERRY, 2018), a geografia define possíveis agentes causadores que, em contato com a sociedade, levam a danos e perdas (PAUL, 2011). A economia, por sua vez, leva em consideração as perdas econômicas na sua definição (PRZYLUSKI; HALLEGATTE, 2010). Ademais, a definição de desastre tecnológico é relativamente nova, datada da década de 1970, com o aumento de casos de desastres com causas não humanas (GILL; RITCHIE, 2018). São desastres com magnitude e duração maiores do que os desastres naturais, pois o cálculo de impactos é de difícil mensuração. Os efeitos são diretos e indiretos, e compreendem perdas humanas, impactos ambientais, sobre a saúde, sobre a economia e emergências de conflitos entre os agentes envolvidos.

As formas de reparação destes eventos devem ser, assim, bem estruturadas, a fim de compreender as diferentes dimensões dos impactos. Isto significa também um montante significativo de recursos financeiros. As transferências de renda entram nestes recursos como parte importante do reestabelecimento econômico dos atingidos por desastres. Permitem também a recuperação da bem-estar e dignidade, além da manutenção de necessidades básicas. São programas cada vez mais aceitos em casos de emergências, com vantagens e desvantagens a depender do contexto. No entanto, seu efeito econômico é reconhecido como positivo na maioria dos casos documentados e estudados. Além disso, são importante ferramentas na política de recuperação de longo prazo, sobretudo em desastres tecnológicos, que possuem efeitos que se estendem ao longo do tempo.

Este capítulo contextualiza o rompimento da barragem de Córrego do Feijão em meio à literatura sobre desastres naturais e tecnológicos, assim como apresenta os diversos impactos e formas de reparação oriundas destes eventos.

## **2.1 Brumadinho e o rompimento da barragem de Córrego do Feijão**

Em 25 de janeiro de 2019 a barragem B1 da Mina de Córrego do Feijão se rompeu em Brumadinho, causando o maior acidente de trabalho registrado no Brasil (SOUZA; FELLET, 2019). Foram derramadas aproximadamente 12 milhões de metros cúbicos de lama composta por rejeitos de minério, que percorreram 10 km, destruindo vegetações, fauna e moradias, até atingir o Rio Paraopeba. Ainda que as regiões dos distritos mais atingidos – Córrego do Feijão e Parque da Cachoeira – fossem predominantemente compostas por vegetação, a perda humana foi relevante já que a lama atingiu instalações da empresa responsável pela barragem e também algumas residências (MILANEZ; ALI; PUPPIM DE OLIVEIRA, 2021). O desastre causou a morte de 272 pessoas e 3 pessoas seguem desaparecidas até o momento. A partir de então, impactos sociais, ambientais e econômicos são somados à tragédia humana em toda a região de Brumadinho, conhecida por sua economia fortemente apoiada no setor minerário.

As seções a seguir apresentam e contextualizam o desastre ocorrido na cidade de Brumadinho.

### **2.1.1 Contextualização pré-desastre**

Brumadinho é uma cidade localizada no estado de Minas Gerais, Brasil, parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), a cerca de 55 km da capital do estado. De acordo com a divisão territorial de 1960, o município possui cinco distritos, a saber: Brumadinho, Aranha, Conceição de Itaguá, Piedade do Paraopeba e São José do Paraopeba (IBGE, 2023).

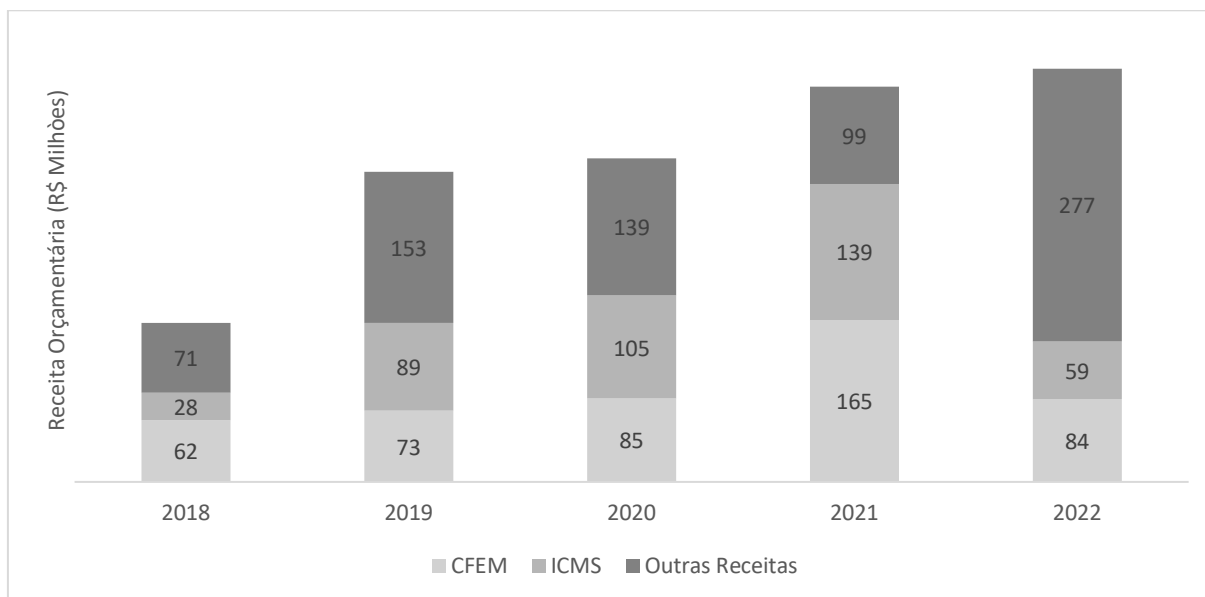
No entanto, Brumadinho são muitas. Diversos bairros urbanos e rurais compõem os cinco distritos ao longo de 639,4 km<sup>2</sup> e, segundo dados de 2010 do Atlas de Desenvolvimento Urbano no Brasil, desenvolvido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e a Fundação João Pinheiro (FJP), é relatado um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,951 para o distrito de Piedade de Paraopeba, enquanto o distrito de Conceição de Itaguá reporta um IDH de 0,682. A diferença explica-se pela população diversa, com manifestação de comunidades quilombolas e indígenas, assentamentos de reforma agrária, entre outros grupos (QUINTÃO; TEODÓSIO; DIAS, 2022).

A cidade, em conjunto com o município de Nova Lima, também na RMBH, são conhecidas pela ocupação de população de renda mais elevada em áreas de condomínios a partir da década de 1960 (BRITO; SOUZA, 2005). Além disso, ambas têm a mineração como principal atividade econômica.

Coelho (2020) identifica um baixo nível de renda geral em Brumadinho, que atrai a população para os postos de trabalho oferecidos pelas mineradoras e constitui um ponto de minério-dependência. Ainda que a mineração seja intensiva em capital e os postos de trabalhos sejam, em sua maioria, de pouca qualificação e de menores salários dentro da indústria, eles representam oportunidades de melhoria de renda para a população da cidade. De acordo com a Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2018, os serviços eram responsáveis por 26,8% das ocupações do município, seguidos pela administração pública (22,3%) e pela mineração (20,0%). Dos ocupados na mineração, 11,3% recebem entre três e dez salários mínimos. Nos serviços, os ocupados na mesma faixa de renda representam apenas 3,2% do total, enquanto 22,7% recebem até três salários mínimos.

A mineração também é a principal fonte de receita individual do município, através da arrecadação da Compensação Financeira de Recursos Minerais (CFEM), além do ICMS apurado em relação à CFEM. Em 2018, a CFEM recolhida por Brumadinho foi de R\$62 milhões, segundo dados publicados no Observatório da CFEM, mantido pela Agência Nacional de Mineração (ANM). O montante significava 38,3% das receitas da cidade.

Gráfico 1: Composição da receita orçamentária do município de Brumadinho (R\$ milhões)



Fonte: Fiscalizando com o TCE, 2023; Observatório da CFEM – ANM, 2023; Secretaria do Estado de Fazenda de Minas Gerais, 2023.

Nota: Dados trabalhados pelo autor

Do total arrecadado através da CFEM em 2018, R\$35,3 milhões eram devidos pela Vale S.A., seja diretamente ou por meio de controladas. Em 2019, esta arrecadação caiu para R\$27,1 milhões, embora a arrecadação total da CFEM do município não apresente queda devido ao aumento do recolhimento de outras empresas mineradoras. Em 2020, a arrecadação da empresa e suas controladas continuou a cair e somou R\$349,3 mil, sofrendo o impacto não somente da paralisação de diversas operações da companhia em Minas Gerais devido ao rompimento da barragem de Córrego do Feijão, mas também devido aos efeitos da crise sanitária e econômica causada pela pandemia de Covid. Nos anos de 2021 e 2022, o tributo devido pela empresa e suas controladas sequer aparece entre os dez maiores, no entanto, as receitas da cidade continuam dependentes dos *royalties* do minério e acompanha, assim, os ciclos globais da *commodity*, uma vez que o cálculo da CFEM incide sobre a receita bruta da venda do produto mineral.

A cidade faz parte do Quadrilátero Ferrífero, espaço geográfico que se estende entre Belo Horizonte, Itabira, Ouro Preto e Congonhas, entre outras localidades, e é reconhecido pelos seus depósitos de minério de ferro. Nele, há duas bacias hidrográficas importantes: a bacia do Rio São Francisco e a do Rio Doce, drenadas pelo Rio Paraopeba, das Velhas, Piracicaba, Gualaxo e do Carmo (NOCE, 1995). A concentração industrial e urbana nesta área se dá há mais de 200 anos, com o ciclo do ouro entre 1700 e 1900, e o ciclo do ferro e do aço à partir de

1900 (CASTRO; NALINI; DE LIMA, 2011). Mais de 300 indústrias operam na região, incluindo produtores globais de minério de ferro, além de outros minerais como ouro e bauxita (CAMBRIDGE; SHAW, 2019).

Assim, em cidades como Brumadinho e tantas outras pertencentes ao Quadrilátero Ferrífero, a minério-dependência se faz em detrimento de outras atividades econômicas nos municípios com grandes atividades extrativas e dificulta a instalação de novas alternativas de emprego e renda (COELHO, 2018). A atividade mineradora também é conhecida pelos seus impactos ambientais, através da poluição aérea e sonora, redução da oferta hídrica etc. Além disso, a concentração de barragens de rejeitos se tornou uma grande preocupação dos municípios mineradores nos últimos anos.

#### 2.1.2 O rompimento da barragem de Córrego de Feijão

A mina de Córrego do Feijão faz parte do complexo Paraopeba II, em conjunto com a mina de Jangada, ambas geridas pela Vale S.A. Foi adquirida da Ferteco Mineração em 2001 (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2023a), mas começou a ser explorada ainda em 1923 pela Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (SANTOS; MILANEZ; GONÇALVES, 2021). Ela possuía, segundo Santos, Milanez e Gonçalves (2021), a cava Córrego do Feijão, três usinas de beneficiamento, cinco pilhas estéril, um pátio de armazenamento e logístico, seis barragens para contenção de sedimentos e uma barragem de rejeitos (Barragem I). A Barragem I foi construída em 1976 e descomissionada em 2016. Antes disso, havia passado por 10 alteamentos e tinha, em janeiro de 2019, 86 m de altura e comprimento de crista de 720 m. Os autores adicionam, ainda, que tanto a cava quanto a barragem estavam próximos à exaustão e incorriam em altos custos de manutenção e de projetos de expansão da vida útil.

Figura 1: Vista aérea das barragens da mina de Córrego do Feijão



Fonte: SANTOS; MILANEZ; GONÇALVES, 2021; WMTF, 2019.

Nota: dados trabalhados pelo autor

A Barragem I, assim como toda mina de Córrego do Feijão, pertenciam à uma região também denominada Córrego do Feijão, à cerca de 15 km do centro de Brumadinho. Seu rompimento aconteceu em 25 de janeiro de 2019, às 12h28, causando o maior desastre humano e natural do Brasil e o maior desastre humanitário no setor minerário (ROTTA et al, 2020; THOMPSON et al, 2023). Aproximadamente 12 milhões de metros cúbicos de lama composta por rejeitos de minério foram derramados e percorreram 10 km, até chegar à calha do Rio Paraopeba, atravessando o ribeirão Ferro-Carvão e partes dos distritos de Córrego do Feijão e Parque da Cachoeira (Figura 1). As Barragens IV e IVA, com capacidade de 238 mil m<sup>3</sup> e 130 mil m<sup>3</sup>, respectivamente, foram totalmente destruídas (SANTOS; MILANEZ; GONÇALVES, 2021), assim como a estrutura administrativa da empresa, que ficava à montante da barragem rompida. Além disso, a estrutura da Barragem VI, à jusante da Barragem I, foi seriamente comprometida e ficou em estado de alerta nos dias seguintes ao desastre (LINHARES; VALENTE, 2019).

Figura 2: Visão aérea da mina Córrego do Feijão em dezembro de 2018 (a) e fevereiro de 2019 (b)

(a)



(b)



Fonte: elaboração própria

A lama passou, portanto, por boa parte da operação da mina, pelo centro administrativo em funcionamento e pelas propriedades nos arredores, destruindo estruturas, fauna e flora. O desastre causou a morte de 272 pessoas. Ademais, ao atingir o Rio Paraopeba, os rejeitos de minério percorreram um caminho por toda sua bacia até sua foz, no município de Felixlândia.

Rotta *et al.* (2020), analisando a extensão da área atingida, identificou vegetação e, por conseguinte, a agricultura como os ecossistemas mais afetados pela lama, sendo a última uma das principais atividades econômicas da região. Ademais, material particulado suspenso foi encontrado em grande quantidade no Rio Paraopeba após a ruptura da barragem. Também em razão da característica da lama derramada no rio, foi identificada uma crescente diversidade e abundância de genes de resistência antimicrobiana nas áreas afetadas pela lama (FURLAN *et al.*, 2020).

Sobre os impactos socioeconômicos, Silva *et al.* (2020) destacam a queda das receitas recorrentes do município de Brumadinho concomitantes ao aumento de despesas relacionadas ao desastre, além da destruição da infraestrutura municipal. Os autores também citam aspectos

de saúde, tais quais: aumento de manifestações clínicas, como doenças diarreicas, e aumento do registro de dengue decorrentes de uma possível alteração nos ciclos do hospedeiro. Identifica-se também um aumento considerável no uso de ansiolíticos e antidepressivos pela população da cidade, entre outros impactos.

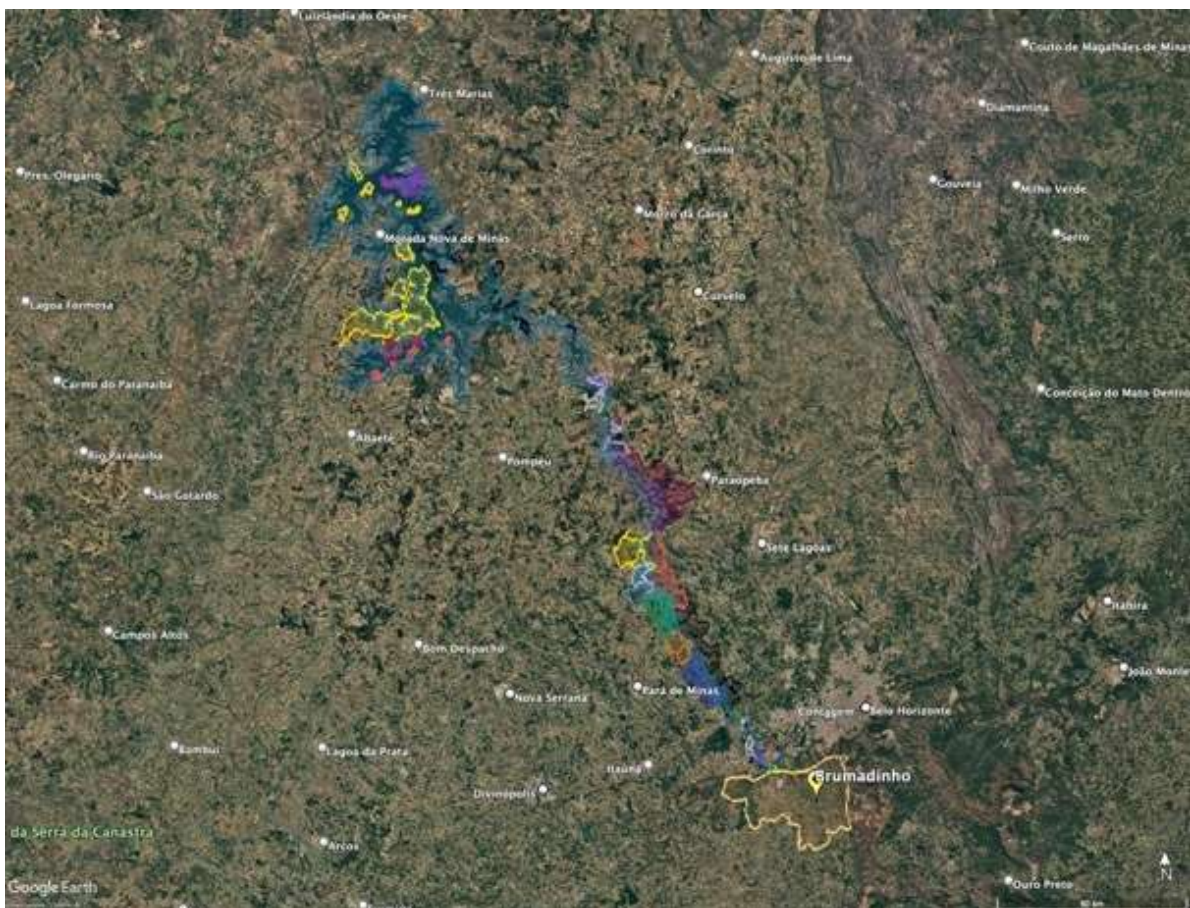
O desastre acarretou diversas formas de reparação em caráter emergencial: 1) operação de busca e salvamento; 2) monitoramento da água bruta e de consumo humano; 3) nova captação da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA); 4) obras emergenciais para contenção de rejeitos; entre outras. Além disso, um acordo estabeleceu pagamentos emergenciais para toda a população de Brumadinho e residentes em até 1 km da calha do Rio Paraopeba até o município de Pompéu como forma de compensação socioeconômica aos atingidos entre fevereiro de 2019 e novembro de 2021. Cada adulto tinha direito a um salário mínimo, enquanto adolescentes recebiam metade de um salário e crianças, um quarto.

O Auxílio Emergencial é motivo de discussão. Foi relatado aquecimento da economia da cidade, aumento de preços – principalmente gasolina e alugueis –, preocupação com a segurança, além da insatisfação por parte dos atingidos acerca do pagamento para toda a população e não somente para familiares das vítimas fatais (LINHARES, 2020). Em relatório feito pelas Assessorias Técnicas Independentes em dezembro de 2020 é identificado que o pagamento é insuficiente pois exclui pessoas que vivem além da área delimitada, mas que se consideram atingidas. As assessorias citam também a falta de transparência na escolha dos beneficiários, cujo processo era todo conduzido pela Vale. Ainda segundo o Relatório, o auxílio deveria ter natureza assistencial e o objetivo de atender a todas as pessoas que tiveram “(...) comprometimento econômico resultante do rompimento das barragens da Vale S.A. Como comprometimento econômico das pessoas atingidas compreende-se tanto a perda de renda, no todo ou em parte (monetária e não monetária), quanto o aumento de despesas” (AEDAS; NACAB; INSTITUTO GUAICUY, 2020) a fim de “evitar o risco de lesões irreparáveis às pessoas que tiveram seu sustento e seus meios de vida inviabilizados” (AEDAS; NACAB; INSTITUTO GUAICUY, 2020), já que, segundo as Instituições de Justiça, o auxílio não pode ser deduzido de possíveis compensações judiciais individuais.

Em 4 de fevereiro de 2021, o Governo de Minas Gerais, o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), o Ministério Público Federal (MPF) e a Defensoria Pública de Minas Gerais (DPMG) homologaram o Acordo Judicial de Reparação. Dentre as diversas formas de responsabilização previstas no Acordo, está também o pagamento de R\$4,4 bilhões por meio de um Programa de

Transferência de Renda (PTR) em substituição ao auxílio emergencial, custeado pela Vale S.A., a partir de novembro de 2021, com duração de aproximadamente 4 anos (ou até o fim dos recursos destinados) e contemplando residentes em 26 municípios, a saber: Abaeté, Betim, Biquinhas, Brumadinho, Caetanópolis, Curvelo, Esmeraldas, Felixlândia, Florestal, Fortuna de Minas, Igarapé, Juatuba, Maravilhas, Mário Campos, Mateus Leme, Morada Nova de Minas, Paineiras, Papagaios, Pará de Minas, Paraopeba, Pequi, Pompéu, São Gonçalo do Abaeté, São Joaquim de Bicas, São José da Varginha e Três Marias (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2023b). Porém, o PTR continuou com valores integrais apenas para moradores em até 1 km da bacia do Rio Paraopeba. Todos os outros contemplados tiveram os pagamentos reduzidos à metade. Ademais, a operacionalização dos pagamentos e cadastramento de novos beneficiários passou a ser feita pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

Figura 3: Poligonais de contemplados pelo Programa de Transferência de Renda



Fonte: FGV PTR (2023)

Outras formas de reparação socioeconômica estão previstas no Acordo, que tem valor total de R\$37,7 bilhões, entre elas: i) R\$3 bilhões destinados a projetos de demandas das comunidades atingidas, sendo R\$1 bilhão reservados para projetos de crédito e microcrédito; ii) R\$2,5 bilhões a projetos para a bacia do Paraopeba nas áreas de saúde, desenvolvimento social, agricultura, pecuária e abastecimento; iii) R\$1,5 bilhão de projetos específicos para a cidade de Brumadinho, dentre os quais: Programa de Fomento Agro, construção do distrito industrial de Brumadinho, construção do pelotão do Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), estruturação de uma sala de urgência na unidade de pronto atendimento (UPA) da cidade, além de fortalecimento de serviços sociais e de saúde no município, requalificação dos centros urbanos, regularização fundiária e diversas obras (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2023b).

Percebe-se, portanto, que o desastre teve impactos negativos significantes sobre o município de Brumadinho e outros municípios ao longo do Rio Paraopeba, sobretudo sobre a pesca, o turismo e a agricultura, o que justifica o volumoso montante destinado às ações de reparação, ainda que faltem estudos sobre a efetividade dessas ações sobre o bem-estar da população e sobre a economia da região.

## **2.1 Desastres naturais e tecnológicos e seus impactos**

A definição de desastre não é consensual e varia entre diferentes áreas de pesquisa. Diferentes disciplinas, como sociologia, geografia e economia, têm abordagens distintas para compreender e definir os desastres. Essa falta de consenso reflete a complexidade e multidimensionalidade desses eventos, que envolvem diversos aspectos ambientais, de saúde, econômicos, sociais etc. Portanto, é necessário considerar diferentes abordagens e perspectivas para compreender a natureza e as consequências dos desastres, a fim de desenvolver estratégias efetivas de prevenção, mitigação e resposta a esses eventos.

### **2.2.1 Conceitos**

As emergências humanitárias são definidas pela Humanitarian Coalition, uma junção de agências humanitárias canadenses, como um ou uma série de eventos que representam grande ameaça à uma população vulnerável, que é incapaz de lidar com as consequências negativas sobre sua saúde, segurança e bem-estar. Elas são classificadas em: i) desastres naturais (terremotos, tsunamis, inundações, epidemias etc.); ii) desastres tecnológicos e causados pela

ação humana (quedas de aviões, incêndios, acidentes nucleares etc.) e iii) emergências complexas, que podem ter diferentes combinações das classificações anteriores e incluem extensa violência e perda de vidas, população deslocada, entre outras características. De acordo com Anderson e Gerber (2018), a emergência humanitária acontece quando assistência externa é necessária para manter as necessidades básicas da população.

Os desastres, por sua vez, são definidos como a destruição do funcionamento de uma comunidade ou sociedade, envolvendo perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais (UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION, 2009). Os atingidos são impossibilitados de utilizar seus próprios recursos para lidar com as consequências negativas enfrentadas, o que concorda com a definição de emergência humanitária de Anderson e Gerber (2018), mesmo quando os autores sugerem que nem todo desastre é uma emergência humanitária dada a demanda de ajuda externa.

Desta forma, a definição de desastre varia entre as áreas de pesquisa. Perry (2018) define certo consenso para a sociologia, em que o desastre é um evento repentino que afeta os sistemas sociais, com ênfase na disrupção social causada, o que rejeita a categorização das definições focadas nos agentes causadores. Segundo os autores desta linha de pensamento, os desastres não podem ser entendidos fora do seu contexto social. Na geografia, o termo *hazard* é utilizado para definir fenômenos naturais ou não que têm potencial danos e perdas. O desastre é, portanto, a interação entre estes eventos e as sociedades que apresentam aspectos vulneráveis, tantos sociais quanto geográficos (PAUL, 2011). Nela também cabe a categorização dos diferentes agentes causadores: i) naturais, tais quais terremotos, erupções vulcânicas, inundações etc.; ii) sociais, os quais compreendem terrorismo, fome extrema, entre outros; iii) biológicos, que se originam através de ameaças biológicas, como as pandemias; iv) tecnológicos, como derramamento de óleo, explosões nucleares etc.; e v) crônicos, que derivam de problemas contínuos, tais quais fome, poluição etc. Por fim, os economistas definem desastres como eventos que resultam em grandes perdas de ativos, fatores de produção, emprego e consumo (PRZYLUKSKI; HALLEGATTE, 2010). Para os propósitos deste trabalho, utiliza-se a definição geográfica, levando em consideração também as principais consequências econômicas, visto que a maioria dos desastres tecnológicos e, por consequência, os rompimentos de barragens de rejeitos, são estudados exaustivamente pelos geógrafos e geólogos. Importante esclarecer, porém, que a recuperação de comunidades atingidas por desastres é pautada também em aspectos sociais, uma vez que os impactos destes eventos são multidimensionais e assim são também as medidas de reparação.

### 2.2.2 Desastres tecnológicos

Pela definição geográfica, os desastres tecnológicos envolvem a interação de um potencial risco advindo de indústrias com comunidades expostas e vulneráveis à perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais (OWEN *et al.*, 2020). Segundo Gill e Ritchie (2018), alguns eventos fizeram uma revolução nas definições de desastres, que consideravam apenas os naturais até a década de 1970. O primeiro deles, o colapso da barragem de *Buffalo Creek, West Virginia*, em 1972, onde a barragem de rejeitos de carvão da *Pittston Coal Company* atingiu cerca de 1000 pessoas e matou 125. A investigação do caso apontou falhas tecnológicas e erros humanos na estrutura. Também em 1972, o colapso de reator nuclear de *Three Miles Island*, Pensilvânia, levou ao deslocamento de 140.000 residentes. A falta de manutenção do reator foi apontada como a causa do acidente, assim como a falta de protocolos de segurança. Ainda na década de 1970, rejeitos químicos foram derramados pela *Hooker Chemical* no *Love Canal, Niagara Falls*, Nova Iorque, atingindo 900 famílias com material identificado como cancerígeno. A década de 1980 também foi importante na definição de desastres tecnológicos, com o de *Chernobyl*, Ucrânia, como o seu maior expoente.

Assim, enquanto os desastres naturais são percebidos como não evitáveis, apesar de previsíveis, os desastres tecnológicos têm causas humanas e são, por isso, evitáveis. Eles são eventos que demandam mais adaptações do que os desastres naturais (Gill; Ritchie, 2018 apud Couch; Kroll-Smith, 1992). Isto porque há uma dificuldade em calcular a extensão e a natureza dos danos, sejam eles físicos ou psicológicos. Para os desastres tecnológicos, a definição de vulnerabilidade inclui não somente aqueles que tiverem algum tipo de perda ou dano físico, mas também aqueles expostos aos agentes causadores do desastre e ligados social ou psicologicamente ao local atingido. Desta forma, a população vulnerável ultrapassa as definições sociodemográficas, que comumente possuem grupos identificados por idade, raça, gênero, classe social etc. (GILL; RITCHIE, 2018). Destaca-se, também, a existência de compensações e processos contra a parte primária responsável pelo desastre. No geral, observa-se: i) dificuldade em identificar responsáveis; ii) interrupção social crônica, com efeitos sobre a saúde mental dos atingidos, além de danos financeiros; iii) recuperação tardia das comunidades atingidas; iv) processos judiciais e estresses ligados a eles; entre outras características (BRUNSMAN; OVERFELT; PICOU, 2010).

São notáveis as características de longo prazo dos desastres tecnológicos. Freudenburg (1997) argumenta que os principais impactos sociais relacionados aos desastres tecnológicos se

apresentam na fase subsequente do desastre em si, em razão dos sintomas pós-traumáticos, a perda de confiança nas instituições governamentais e a emergência de conflitos entre os diferentes agentes envolvidos, que estendem os danos psicológicos e físicos e postergam a recuperação dos locais e pessoas atingidas.

Dentre os desastres citados acima, importantes para o reconhecimento dos desastres tecnológicos como distintos dos desastres naturais, os rompimentos de barragens de rejeitos se destacam. Os rejeitos são definidos como o subproduto de várias indústrias extrativas, como ouro, alumínio, carvão, entre outras (KOSSOFF *et al.*, 2014). Eles são compostos por água, rochas, produtos químicos e pequenas quantidades de minérios no caso dos rejeitos de mineração. A barragens, por sua vez, são estruturas construídas para armazenar estes rejeitos e evitar que eles sejam lançados no meio ambiente (ISLAM; MURAKAMI, 2021). São, portanto, estruturas potencialmente perigosas tanto pelo volume de rejeitos armazenados, quanto pela toxicidade deles. Islam e Murakami (2021) constatam que as barragens de rejeitos são mais suscetíveis a rompimentos pelo tipo de construção e armazenamento. Isto porque as estruturas não têm sua capacidade total definida inicialmente como as barragens de água; nesse caso, seus alteamentos vão aumentando conforme a demanda, podendo ser à montante, verticais ou à jusante (KOSSOFF *et al.*, 2014), onde a primeira forma é a mais barata porque requer pouco material. Adiciona-se, ainda, a falta de regulamentação e requisitos de estabilidade sobre as elas, além do alto custo de manutenção após o encerramento das atividades extrativas (RICO *et al.*, 2008).

Rico *et al.* (2008) identificam algumas causas de rompimentos a partir de uma base de dados composta por 147 casos de colapsos de barragens de rejeitos pelo mundo. Entre elas estão: causas meteorológicas (período inesperado de chuvas e/ou neve); má administração das estruturas, o que inclui falta de manutenção dos drenos e procedimentos inadequados sobre as barragens; escolha errada do local e forma construção; além de infiltrações/vazamentos, transbordamentos e subsidências causadas pelas atividades extrativas, como rachaduras, afundamentos ou deformações.

De acordo com Reis *et al.* (2020), foram identificadas 250 rupturas entre 1910 e 2020, com concentração entre as décadas de 1960 e 1980, na América do Norte e Europa, migrando para a América do Sul e Ásia partir da década de 1990.

Vale citar alguns rompimentos específicos, tanto pelo dano causado, quanto pela repercussão. O desastre do Vale de *Stava*, em 1985, na Itália, ocorreu pela ruptura de duas barragens da mina *Prestavèl*, levando à morte 268 pessoas, além da destruição de infraestruturas dos vilarejos de *Stava* e *Tesero*. Segundo Boaretto *et al.* (2018), o desastre, causado pela negligência da mineradora responsável, foi importante para dar luz às condições de construção de barragens de rejeitos pelo mundo<sup>1</sup>.

Já em 1998, os rejeitos da barragem na cidade de *Aznalcóllar*, pertencente a mineradora *Boliden*, atingiu os rios *Agrio* e *Guadiamar*, na Espanha. Apesar de não haver mortes registradas em função direta do rompimento, cerca de 4 milhões de metros cúbicos de água ácida e 2 milhões de metros cúbicos de lama tóxica afetaram a vegetação e se acumularam ao longo de 40 km das margens dos rios, além de uma parte atingir o rio *Guadalquivir* (GRIMALT *et al.*, 1999; REIS *et al.*, 2020). O parque nacional de *Doñana* também foi afetado, levando à uma grande devastação ambiental.

Mais recente, o rompimento da barragem da mina de *Mount Polley*, Canadá, em 2014, também merece destaque. A barragem, que continha subprodutos de cobre e ouro e era administrada pela *Imperial Metals*, liberou cerca de 24 milhões de metros cúbicos de rejeitos e água sobre o lago *Polley*, avançando sobre o córrego *Hazeltine* até o lago *Quesnel*, parte da bacia hidrográfica do principal rio do país. Além do prejuízo ambiental, o povo *Secwepemc* perdeu propriedades e meios de produção localizados em seu território perto da mina (MARSHALL, 2017). Antes do colapso, Marshall (2017) explicita os alertas acerca da falta de segurança da barragem e de suas estruturas. Além disso, após o desastre, identificou-se erros de projeto, onde a construção da barragem foi feita em local inadequado.

No Brasil, o colapso da barragem de Fundão, na cidade de Mariana, Minas Gerais, é considerado o maior acidente tecnológico do país, bem como o maior derramamento de rejeitos da história moderna (DO CARMO *et al.*, 2017; FERNANDES *et al.*, 2016), com um volume entre 40 e 60 milhões de metros cúbicos, causando 19 mortes. O distrito de Bento Rodrigues foi o principal atingido, com aproximadamente 84% da sua infraestrutura totalmente destruída. O local possuía importância cultural, com igrejas centenárias, construções históricas e sítios arqueológicos (DO CARMO *et al.*, 2017; SIMONATO, 2017). Ademais, Fernandes (2016)

---

<sup>1</sup> Em 2002, a *The Stava 1985 Foundation* foi criada pelos familiares das vítimas do desastre do Vale de *Stava*. A associação sem fins lucrativos tem como objetivo manter vivas as memórias das 268 vítimas, assim como informar sobre o desastre ocorrido e prevenir desastres futuros. Mais informações podem ser encontradas em <https://www.stava1985.it>

avalia um extenso impacto ecológico, visto que a lama de rejeitos atingiu o Rio Doce até a sua foz, no Espírito Santo.

Uma cronologia de colapsos de barragens a partir de 1960 feita pela *WISE Uranium Project* (2023) identifica o primeiro caso brasileiro como sendo o rompimento da mina de Fernandinho, da Itaminas Comércio de Minérios S/A, em Itabirito, Minas Gerais, 1986. Foram lançados 350.000 m<sup>3</sup> de rejeitos de minério e 7 mortes registradas (LIMA, 2016). O Quadro 1 descreve os rompimentos de barragens brasileiras registrados a partir de então.

Quadro 1: Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil a partir de 1986

Ano	Local	Empresa responsável
1986	Itabirito, MG	Itaminas Comércio de Minério S/A
2001	Sebastião de Águas Claras, Nova Lima, MG	Mineração Rio Verde S/A
2007	Miraí, MG	Mineração Rio Pomba Cataguases
2014	Itabirito, MG	Herculano Mineração
2015	Bento Rodrigues, Mariana, MG	Samarco Mineração
2018	Bacarena, PA	Hydro Alunorte / Norsk Hydro ASA
2019	Córrego do Feijão, Brumadinho, MG	Vale S/A
2019	Machadinho d'Oeste, Oriente Novo, RO	Metalmig Mineração, Indústria e Comércio S/A
2019	Nossa Senhora do Livramento, MT	VM Mineração e Construção
2022	Nova Lima, MG	Vallourec S/A

Fonte: WISE Uranium Project (2023)

Nota: Dados trabalhados pelo autor

Ainda segundo o *WISE Uranium Project* (2023), seis rompimentos de barragens foram identificados em 2022 no mundo (incluindo o da mina de Pau Branco, em Nova Lima, MG, explicitado no Quadro 1) e um em 2023, no Canadá.

### 2.2.3 Impactos de desastres naturais e tecnológicos

Apesar da distinção apresentada entre desastres naturais e tecnológicos, a literatura não esclarece as diferenças entre os impactos de ambos os tipos. Através da revisão bibliográfica sobre desastres considera-se que as consequências sejam as mesmas, divergindo, notadamente, na magnitude e duração. Os desastres tecnológicos, portanto, têm impactos maiores e mais duradouros conforme discutido na seção anterior.

Lindell e Prater (2003) relatam dificuldades em definir os impactos de um desastre, pois diferentes fenômenos – naturais ou não – apresentam diversas características que resultam em inúmeras ameaças. De modo geral, consideram-se como principais características sua velocidade de ocorrência, intensidade, abrangência e duração, assim como avisos prévios e probabilidade de ocorrência. A partir destas características é possível apresentar ações de emergências e mitigar danos.

Neste sentido, Paul (2011) propõe uma tipologia de impactos, os separando entre diretos e indiretos. No primeiro estão as perdas causadas pelo contato do desastre com humanos e/ou propriedades, o que inclui desde ferimentos e mortes até a destruição de infraestruturas públicas e privadas. Os impactos indiretos, por sua vez, surgem a partir das consequências dos impactos diretos e sua identificação é menos óbvia, já que eles podem se manifestar muito depois do desastre em si. Nas duas categorias, ademais, pode-se mensurar os impactos como tangíveis e intangíveis. Impactos tangíveis são aqueles que podem ser contabilizados em termos monetários, enquanto os intangíveis compreendem efeitos como a piora da saúde dos atingidos e as mortes resultantes do desastre. Por fim, tanto os impactos tangíveis e intangíveis podem ser separados entre primários, secundários ou terciários. Os primários são identificados imediatamente, enquanto os secundários e terciários são resultados dos impactos primários no longo prazo.

Nesta tipologia pode-se identificar impactos demográficos, sobre a saúde e a economia (PAUL, 2011), além de impactos ambientais e ruptura social (PELLING; ÖZERDEM; BARAKAT, 2002). Os impactos demográficos incluem, principalmente, migração das áreas atingidas pelos desastres pela falta de perspectivas sociais e econômicas possíveis a partir do evento. Outro impacto é a migração com destino às áreas atingidas à medida em que os programas de reparação e reconstrução são instaurados (NAIK; STIGTER; LACZKO, 2007). Os impactos sobre a saúde, por sua vez, incluem desde mortes e ferimentos, até doenças físicas e mentais e

possuem várias causas, entre elas: acesso limitado à água tratada e redes de esgoto; aumento de vetores de doenças e bactérias; falta de atendimento médico e/ou estrutura de saúde destruída; contaminação de rios, nascentes, ar e solo por substâncias tóxicas; entre outras. Além disso, os estresses inerentes aos desastres contribuem para a piora de doenças crônicas e aparecimentos de transtornos pós-traumáticos (PAUL, 2011).

A tipologia de definição de impactos econômicos também se distingue entre perdas diretas e indiretas. As diretas são medidas através de perdas de propriedades privadas residenciais ou não, causando perda de valor de ativos e subtração de capital, estoques e insumos, além da destruição de infraestruturas públicas. As indiretas, por sua vez, consistem no efeito sobre o fluxo econômico oriundo da queda de oferta de bens e serviços, além do aumento de custos para recuperar a produção (PELLING; ÖZERDEM; BARAKAT, 2002). Também são identificadas perda de tributos (LINDELL; PRATER, 2003). Cochrane (2004) ainda adiciona na contabilidade de perdas os efeitos sobre o turismo com os impactos ambientais e culturais. A nível familiar, acontece a perda de renda pela queda da atividade econômica (CAVALLO; NOY, 2009). Por fim, Lindell e Prater (2009) adicionam que alguns ativos são irrecuperáveis e resultam em redução de consumo e investimento. Aqueles recuperáveis o fazem através de doações, transferências, sejam elas intertemporais (poupança), interpessoais e/ou do governo, agências de assistência humanitárias, entre outros, além de subsídios, redução de impostos, programas de empréstimos etc. Desta forma, os planos de recuperação são fortemente dependentes de recursos financeiros de diversas fontes.

## **2.2 Recuperação de desastres e transferências de rendas**

O processo de reparação e recuperação de localidades e pessoas atingidas por desastres é um tema bastante discutido na literatura. São definidos fases e processos emergenciais e de longo prazo que prezam por retornar a vida ao contexto pré-desastre em todos os seus aspectos. No caso de desastres tecnológicos a literatura é mais escassa, mas é unânime em citar a dificuldade de reparação num evento tão disruptivo, que compreende partes responsáveis e conflitos judiciais. Em ambos os casos, no entanto, é necessário recursos vultosos, sejam de fontes nacionais ou internacionais, para a reconstrução. Aqui, a transferência de renda se tornou uma estratégia muito discutida e utilizada sobretudo em emergências humanitárias tais como guerras, e que se mostra adequada também em outros contextos.

### 2.3.1 Recuperação de indivíduos, comunidades e da economia pós desastres

Demonstrada as inúmeras formas de impactos dos diversos tipos de desastres e emergências humanitárias, percebe-se que a recuperação das áreas e pessoas atingidas por estes eventos não é trivial. Apesar das respostas imediatas dadas logo após os incidentes, a forma multidimensional com que eles afetam às pessoas, suas comunidades e meios de vida, demandam inúmeras providências para que os danos causados não sejam permanentes. A literatura define tais providências como medidas de “recuperação”: ações não emergenciais com objetivo de retornar a comunidade atingida ao seu estado pré-desastre (PAUL, 2011).

Haas *et al.* (1977) propõem um modelo cronológico de reconstrução pós desastres com quatro fases bem definidas e duração máxima de 500 semanas. Na terceira fase, entre as semanas 10 e 200, a localidade atingida já estaria plenamente recuperada e com possibilidade de um nível de crescimento e desenvolvimento econômico maior do que antes do incidente. No entanto, tal abordagem é criticada visto que o processo de recuperação não é linear e depende de decisões políticas (BERKE; KARTEZ; WENGER, 1993). As fases podem, portanto, variar e se sobrepor umas às outras de acordo com a extensão dos danos e a disponibilidade de recursos. A literatura mais recente sobre o processo de recuperação, ademais, concentra-se em conceituar a recuperação como um processo social, que possui desigualdades inerentes às comunidades atingidas, com grupos mais vulneráveis e com maior dificuldade de recuperação (CHANG; MILES, 2004).

Segundo Paul (2011), a recuperação de indivíduos e, por conseguinte, famílias dependem do montante de recursos externos recebido. Neste sentido, famílias pobres tendem a ser recuperar mais lentamente do que famílias mais ricas. Além disso, os mais jovens possuem maior propensão a receber empréstimos e doações. Em âmbito comunitário, comunidades horizontalmente integradas, isto é, com forte participação da sociedade civil, e com forte integração vertical – que possuem relacionamento com instituições e governos que provem assistência – tendem a se recuperar rapidamente ao terem o acesso aos recursos facilitados (BERKE; KARTEZ; WENGER, 1993). Os planos de recuperação das comunidades devem, portanto, observar as desigualdades e aspectos culturais, além de ter departamentos e equipes bem definidas e preparadas. Por fim, a reconstrução econômica deve se concentrar em reestabelecer comércio, indústrias e serviços a níveis pré-desastre também através de recursos externos. Os financiamentos e assistências necessários para a reconstrução como um todo são

oriundos, em sua maioria, de fundos e programas públicos, além de organizações de assistência internacionais (PAUL, 2011).

Para desastres tecnológicos, no entanto, a fase de recuperação é mais complexa. Isto porque há um agente a ser responsabilizado pelo desastre e que deveria arcar com os custos. Entretanto, poucas companhias são processadas e obrigadas a pagar compensações financeiras às vítimas e às comunidades afetadas. Além da dificuldade em identificar e julgar partes responsáveis, as corporações são contra o financiamento de programas de recuperação de médio e longo prazo com a alegação de que eles não têm tempo limite. Ainda, à medida em que as pessoas são recompensadas financeiramente, há uma tendência de redução de outros programas de recuperação (GRAMLING; KROGMAN, 1997). Neste sentido, os programas de transferências de renda, que são vistas como uma medida de reparação emergencial de curto prazo, tornam-se compensações judiciais e importantes instrumentos de reparação econômica para indivíduos e comunidades.

### 2.3.2 Programas de transferências de renda como medida de reparação em desastres e emergências

Os programas de transferência de renda (PTR) são definidos como transferências monetárias às famílias pobres e vulneráveis, havendo ou não condições predeterminadas, tais como frequência escolar das crianças amparadas, vacinação, acompanhamento nutricional, entre outras, cuja popularidade se intensificou na década de 1990 (FIZBEIN; SCHADY, 2009). Como consequência, espera-se que as transferências tenham impactos diretos no consumo e investimento das famílias (BASTAGLI *et al.*, 2016). Estes autores trabalham com efeitos advindos dos programas em nível micro, meso e macro. No nível micro, são elucidados resultados de primeira, segunda e terceira ordem. Destacam-se, para este trabalho principalmente, como resultados de primeira ordem, o aumento de gastos em alimentos e outros bens de consumo, aumento da poupança e de investimentos financeiros. De segunda ordem são citados: mudanças na participação da população no mercado de trabalho, em que os beneficiários decidem aumentar/reduzir o número de horas trabalhadas, mudança das horas dedicadas ao lazer, assim como os impactos sobre os salários. Os autores sugerem, como resultados de segunda ordem, que os beneficiários têm mais liberdade para escolher empregos melhores em detrimento daqueles que pagam menos ou são menos desejados por outras circunstâncias. São citados também a substituição de investimentos em atividades rurais por

investimentos em atividades comerciais de pequeno porte. Por fim, de terceira ordem, apontam a mudança do estilo de vida das famílias beneficiadas, consequência não somente do aumento de renda oriunda das transferências monetárias, mas também dos itens citados acima. Outro aspecto é o aumento da resiliência frente às situações de riscos, como desastres, visto que as famílias têm maior acesso a crédito e aumentam também a possibilidade de poupança frente aos pagamentos regulares dos programas.

No nível meso, Bastagli *et al.* (2016) consideram o transbordamento dos efeitos vistos em âmbito familiar para a comunidade local. Além das mudanças do mercado de trabalho e nível de salários citadas no parágrafo anterior, a economia de região contemplada por PTRs pode ser alavancada por meio dos multiplicadores de renda, tanto pelo aumento da demanda por bens e serviços, como pela tendência do aumento da oferta destes diante do aquecimento da atividade econômica. No entanto, os autores alertam que a inflação pode também ser um efeito do aumento de demanda generalizada.

No nível macro, por fim, os efeitos são mais controversos e as consequências sobre o crescimento econômico dependem da escala dos programas e o quanto eles interagem com outras esferas sociais e econômicas (MATHERS; SLATER, 2014). Porém, há evidências de que tais transferências têm potencial em redistribuir renda e reduzir a desigualdade social e pobreza (CARDOSO, 2016; HOFFMANN, 2007; SOARES *et al.*, 2006). Devereux (2002a) argumenta que, ainda que os programas de proteção social – dos quais as transferências de renda fazem parte – visem manter um padrão mínimo de vida para pessoas em situação de vulnerabilidade, eles podem ser importantes na promoção da qualidade de vida e elevação destes padrões.

As transferências de renda como medidas de reparação em emergências, por sua vez, não são novas e datam do século XIX, em resposta dada pela Cruz Vermelha à fome generalizada na Índia. Segundo Harvey e Bailey (2015), o Tsunami que atingiu a Indonésia e outras ilhas no Oceano Pacífico em 2004 foi o primeiro caso em que as agências de ajuda humanitária consideraram dinheiro e *vouchers* como ferramentas de assistência. Desde então, estes programas vêm sendo aceitos e considerados como componentes centrais nas respostas às crises humanitárias (DOOCY; TAPPIS, 2017). Nestes casos, as transferências estão à parte dos programas de proteção social e são considerados intervenções humanitárias às famílias em vulnerabilidade frente a choques de diferentes naturezas (BAILEY; SAVAGE;

O'CALLAGHAN, 2008) e podem ser utilizadas em uma variedade de contextos, desde desastres naturais à guerras, em países pobres ou ricos (HARVEY, 2005).

De modo geral, as transferências são uma alternativa à provisão de mantimentos. Isto porque, seguindo a teoria de direito (ou “*entitlements*”) de Amartya Sen (SEN, 1981), a fome pode ser resultado não somente da escassez extrema de alimentos de uma localidade, mas também da impossibilidade de adquiri-los por mecanismos de mercado ainda que haja disponibilidade no sistema econômico. Sendo assim, as transferências podem substituir ou complementar a doação de alimentos (PEPPIATT; MITCHELL; HOLZMANN, 2001). Além disso, a teoria de direito de Sen auxilia no reconhecimento das diversas formas de pobreza, por meio do melhor entendimento sobre os diferentes meios de vida das pessoas pobres (HARVEY, 2005). Assim, os recursos recebidos podem ser utilizados em outras necessidades além da alimentar através da ideia de que a fome não é a única preocupação dos atingidos, mesmo em casos de insegurança alimentar severa. Estas necessidades vão desde insumos e ferramentas para agricultura de subsistência, até itens de higiene, roupas e utensílios (CRETÏ; JASPARS; OXFAM GB, 2006). Desta forma, os recursos dão flexibilidade aos favorecidos, permitindo que sejam utilizados de forma independente e sem contrapartida, o que se traduz em dignidade e aumento de bem-estar. É importante considerar também que o objetivo principal dos PTRs, fornecidos sobretudo pelas agências de ajuda humanitária, é a manutenção das necessidades básicas e recuperação dos meios de vida da população atingida (CRETÏ; JASPARS; OXFAM GB, 2006). Assim, os programas podem ser considerados uma ferramenta de substituição de qualquer tipo de assistência em espécie (BAILEY; SAVAGE; O'CALLAGHAN, 2008).

A literatura sobre programas de transferências de renda em emergências se concentra, então, na discussão sobre a adequação e a efetividade das transferências em diferentes contextos em detrimento das doações de alimentos, suas diferentes formas de implementação e operacionalização e os diversos impactos sobre os beneficiários e suas comunidades (DOOCY; TAPPIS, 2017; HOLM-NIELSEN; RAJU; FURU, 2022), mesmo que tais estudos ainda sejam escassos (BRÜCK *et al.*, 2019). Elas são mais factíveis em contextos em que os mercados e o sistema bancário continuam em funcionamento, o que não as torna impossíveis em outros contextos. Em desastres naturais e tecnológicos, elas não são uma boa alternativa como ajuda imediata, uma vez que eles destroem infraestruturas e deslocam mercados e pessoas da área afetada. No entanto, ao longo do tempo, podem ser utilizadas como mecanismos de estabilização e retomada da vida pré-desastre, assim como podem fazer parte de planos de prevenção de desastres futuros, como em inundações recorrentes. (CRETÏ; JASPARS;

OXFAM GB, 2006; HARVEY, 2005). Além disso, em muitos contextos de emergências, os atingidos são cronicamente vulneráveis aos impactos de desastres. Abre-se espaço, então, para transferências de longo prazo e criação de redes de proteção social (BAILEY; SAVAGE; O'CALLAGHAN, 2008).

No geral, a literatura elenca as seguintes vantagens dos PTRs em emergências: (i) têm menores custos do que as doações de alimentos e outros itens, já que não demandam transporte, armazenamento etc.; (ii) permitem com que as pessoas escolham a cesta de bens e serviços mais adequadas e, portanto, são mais efetivos em atender às prioridades dos indivíduos; e (iii) a economia local pode ser estimulada através da injeção de recursos (BAILEY; SAVAGE; O'CALLAGHAN, 2008; CRETÏ; JASPARS; OXFAM GB, 2006; HARVEY, 2005; HEASLIP; HAAVISTO; KOVÁCS, 2016). Alguns argumentos contrários às assistências monetárias puras também podem ser destacados. O primeiro é o uso inapropriado do dinheiro em atividades que não são o objetivo principal, tais quais consumos de bens não-alimentares (em casos de programas que buscam suprir déficits alimentares), jogos, álcool, armas etc. Estas são preocupações legítimas principalmente em contextos de guerra, já que a assistência em dinheiro pode ser desviada e favorecer à corrupção, grupos armados, entre outros. O aumento de circulação de moeda também traz riscos à segurança da população, já que ela sabidamente passa deter maior quantidade de dinheiro e pode ser alvo de um maior número de roubos, sequestros, entre outros crimes. Outro argumento, de acordo com Peppiatt, Mitchell e Holzmann (2001), é que as transferências de renda têm o potencial de marginalizar grupos vulneráveis, tais como mulheres, e escolher quem tem direito à assistência é algo sensível. Outro efeito negativo potencial refere-se à inflação decorrente do aumento da atividade econômica nas regiões beneficiadas. Assim, a discussão perpassa também pela necessidade de que programas de transferência de renda sejam bem desenhados e articulados à outras políticas de reparação, a fim de que as vantagens superem as desvantagens. Ademais, em contextos de emergências e desastres, as transferências sozinhas não são suficientes para reestabelecer os meios de vida dos atingidos e são necessárias políticas de recuperação complementares, sejam educacionais, de saúde, infraestrutura, entre outras (ADAMS, 2007; BAILEY; SAVAGE; O'CALLAGHAN, 2008).

### 2.3.3 Efeitos econômicos dos programas de transferências de renda em desastres e emergências

Os efeitos econômicos dos programas de transferência de renda no geral são bem conhecidos pela literatura, conforme discutido na sessão anterior. Eles podem agir positivamente na atividade econômica, ao injetar recursos nas economias locais, aumentar o consumo de alimentos, bens e serviços, e através de seu efeito multiplicador. Segundo Barrientos e Scott (2008), os PTRs são instrumentos importantes no aumento da renda familiar e da produtividade no trabalho e, portanto, se apresentam como oportunidade de crescimento econômico quando aliados à outras políticas sociais. Neste sentido, o aumento de atividade econômica também pode ser atingido por meio de maior investimento em capital humano, aquisição de meios de produção, acesso a crédito etc. (ARNOLD; CONWAY; GREENSLADE, 2011). Os efeitos multiplicadores, por sua vez, são possíveis à medida em que os recursos são gastos sobretudo localmente (BARRIENTOS; SCOTT, 2008), embora dependam do tamanho da transferência e do número de beneficiados em relação ao tamanho da economia (MATHERS; SLATER, 2014). Como exemplo, Devereux *et al.* (2006) indicam que os recursos do *Productive Safety Net Programme* (PSNP), na Etiópia, foram utilizados de forma muito diversa pelos beneficiários, incluindo compra de sementes, animais de criação, fertilizantes e outros negócios. No México, evidências mostram que o PROGRESSA teve impacto significativo em aumentar a demanda efetiva entre as famílias elegíveis e que tal efeito pode ter transbordado também entre as não-elegíveis (BARRIENTOS; SABATES-WHEELER, 2009). Neri *et al.* (2013) estimaram um multiplicador de R\$1,78 para cada real despendido através do Programa Bolsa Família no Brasil.

Os resultados econômicos das transferências de renda em emergências, por sua vez, seguem os mesmos das transferências em âmbito de redes de proteção social, ainda que o objetivo principal nesses casos seja a manutenção dos meios de vida do atingidos. Por meio dos possíveis efeitos multiplicadores, os PTRs podem contribuir para uma recuperação econômica. Desta maneira, as transferências fazem o *link* entre uma política emergencial para uma política de recuperação socioeconômica a médio e longo prazo. No entanto, é necessário a avaliação das possíveis consequências sobre produção local, emprego e preços, através da identificação prévia da condições econômicas locais (DEVEREUX, 2002b) antes que a assistência monetária seja escolhida em detrimento de outras assistências. Harvey (2005) indica como preocupação principal o impacto inflacionário das transferências monetárias. Ademais, Doocy e Tappis (2017) argumentam que efeitos oriundos de PTRs em meio a uma rede de proteção social não

podem ser imediatamente esperados em programas destinados às emergências devido à dificuldade de implementação destes e a diferença de objetivos entre os dois casos.

A revisão de Doocy e Tappis (2017) identifica 113 estudos sobre os diferentes impactos econômicos de transferências de renda em emergências, divididos entre efeitos primários (no nível micro, sobre a utilização de recursos, efeitos sobre diversos setores e resultados transversais, tais como resiliência) e efeitos secundários (os custos de implementação e a eficiência desta, medida por impactos de mercado e outras formas). Quatro estudos conduziram uma análise quantitativa dos efeitos de mercado de programas de transferência de renda e *vouchers* em emergências. Davies e Davey (2008) avaliam os efeitos oriundos do *Dowa Emergency Cash Transfer* (DECT), em Malawi, onde a falta de chuva em 2006 e 2007 impactou severamente a colheita de milho, alimento principal da dieta da população. Estima-se que cerca de 54 mil pessoas tiveram seu acesso a alimentos dificultados. O DECT foi transferido à cerca de 10 mil famílias, por cinco meses, a um montante médio de US\$12,26 por família. O artigo utiliza-se de uma Matriz de Contabilidade Social reduzida, construída através de dados coletados pelo processo de avaliação do programa, para identificar os gastos relatados pelos beneficiários. Uma segunda rodada de entrevistas também foi conduzida, a fim de melhor detalhar o fluxo dos recursos na economia pelos beneficiários indiretos. Desta forma, foi encontrado um multiplicador entre US\$2,02 – US\$2,79 para cada dólar gasto em janeiro de 2007. Os autores adicionam que a maior parte dos recursos foram gastos localmente, onde pequenos agricultores e pequenos negócios foram identificados com os maiores beneficiários indiretos. Além disso, são esperados impactos no longo prazo, visto que, analisando os padrões de consumo entre os beneficiários, identifica-se gastos com educação, fertilizantes etc.

Lehmann (2014) avalia o *Winterization Cash Transfer Program*, destinado à cerca de 87 mil refugiados sírios no Líbano, a fim de auxiliá-los durante o período de inverno em 2013 e 2014. O programa totalizou US\$41,4 milhões distribuídos durante 4 meses. O estudo foi feito por meio de ensaios clínicos randomizados (RCT) entre famílias que não receberam o recurso (grupo controle) e famílias que receberam os recursos por viverem cerca de 500 m ao norte do primeiro grupo (grupo intervenção). Além disso, rodadas de consumo foram avaliadas a fim de obter os efeitos multiplicadores, que identificaram um multiplicador de US\$2,13 sobre o PIB libanês para cada dólar gasto pelos beneficiários caso os recursos sejam gastos inteiramente no país, como as evidências sugerem. Ainda, os autores adicionam que as transferências não tiveram impactos negativos sobre os preços.

Bauer (2014) avaliou o *World Food Programme* (WFP), que distribuiu *vouchers* para refugiados sírios no Líbano em 2012. O WFP forneceu cerca de US\$98,5 milhões a mais de 1 milhão de pessoas. Através de uma matriz de insumo-produto, os autores encontraram multiplicadores entre US\$0,68 e US\$1,51, sendo o maior no setor de alimentos, que demanda muitos insumos de outros setores. O setor de alimentos foi também o que mais recebeu recursos dos beneficiários do programa. Ademais, os autores identificaram um aumento de preço na cesta de produtos ofertada pelo WFP.

Por fim, Husain (2014) analisa outro programa de *vouchers*, desta vez para refugiados sírios na Jordânia. O valor do programa é estimado em US\$1,2 bilhão, cerca de 3,3% do PIB da país em 2014. Também por meio de uma matriz de insumo-produto, foi encontrado um multiplicador de US\$1,02 para agricultura, pecuária e pescado, e um multiplicador de US\$1,23 para o setor de alimentos.

Poucos estudos concentram-se em analisar a efetividade dos PTRs em casos de desastres naturais. Aspin (2010) e Palmaera (2010) avaliam a transferência de renda aos atingidos do terremoto de 2009 na Sumatra, Indonésia. Aproximadamente US\$4,5 milhões foram recebidos por 20.000 famílias, que utilizaram os recursos principalmente em materiais de construção, o que sugere efeitos multiplicadores sobre a economia. Abt Associates Inc. e Agricultural Policy Development Project (2002) produziram um relatório sobre as transferências do *Resettlement Grant Activity*, da *United States Agency for International Development* (USAID), em resposta às inundações em Moçambique entre os anos de 1999 e 2000. Os autores encontraram evidências de que os recursos foram, em sua maioria, gastos nos postos de distribuição, estimulando o comércio local e a criação de empregos. O estudo sugere que o programa foi importante no reestabelecimento do comércio, à medida em que o dinheiro estimulou a economia local e gerou recursos extras para reinvestimento nos negócios. Staunton (2011) constrói uma Matriz de Contabilidade Social para mensurar os efeitos dos *Zimbabwe Emergency Cash Transfer* (ZECT), no Zimbábue, em resposta às diferentes crises humanitárias, incluindo enchentes, entre 2009 e 2010. Foram transferidos US\$27.189,40, que resultou em um multiplicador de US\$2,59. Não houve aumento generalizado de preços, o que indica um aumento da oferta de bens e serviços para atender à nova demanda. Por fim, Doocy *et al.* (2005) identificam os impactos do *Cash for Work* (CFW), uma assistência que transfere pagamentos em dinheiro em troca de trabalho, fornecido pela *Mercy Cops* em Aceh, Indonésia, após o tsunami de 2004. O recurso foi provido à 18.000 pessoas, em 60 vilas, resultando um montante de US\$4,5 milhões durante 7 meses. Os autores encontraram aumento da poupança entre os

beneficiários, sugerindo um papel importante da recuperação econômica da região a partir do programa. Não foram encontradas avaliações em âmbito de desastres tecnológicos.

No geral, apesar do crescente número de avaliações de intervenções humanitárias, percebe-se limitações metodológicas na literatura e ela pode ser questionada quanto à sua qualidade. Doocy e Tappis (2009) encontraram apenas 9 artigos em publicações com avaliações em pares. Muitas avaliações são encomendadas pelas agências de assistências, baseadas em entrevistas e nas perspectivas dos beneficiários, o que não é um método rigoroso de avaliação, sobretudo socioeconômica, embora forneçam alguns indícios sobre os impactos dos PTRs nas comunidades. Além disso, há poucas evidências sobre os impactos de longo prazo, que deveriam ser centrais ao se estudar programas destinados às crises humanitárias, dado o link já evidenciado entre políticas de alívio imediato e políticas de recuperação econômica e dos meios de vidas.

Neste sentido, este trabalho contribui para a literatura de avaliação de PTRs, principalmente em casos de desastres, ao estudar o maior programa de transferência de renda privado do mundo, ocorrido em Brumadinho (TRINDADE, 2024), por meio de um modelo de equilíbrio geral computável (EGC) com sólida fundamentação teórica e bases de dados bem construídas, que refletem a realidade da economia em questão. Desta forma, é possível identificar os principais efeitos econômicos do PTR de forma isolada e, assim, tornar mais rica e confiável a avaliação de políticas em contextos de emergências.

### 3 METODOLOGIA

A escolha da estrutura de equilíbrio geral como metodologia central deste trabalho se dá pela sua capacidade de avaliar efeitos diretos e indiretos de uma política ao explicitar o comportamento e as relações interdependentes entre os diferentes setores e agentes econômicos, assim como a alocação de recursos de uma economia. A abordagem de equilíbrio geral detalha os insumos, fatores e demandantes de uma região, de modo a relacionar a demanda e oferta deles por meio de preços relativos. É possível, portanto, avaliar consequências sobre consumo, produção e investimentos (BANDARA, 1991).

Ela é baseada no equilíbrio geral walrasiano (WALRAS, 1969) que trata a economia como um sistema de equações simultâneas, amplamente conhecido e formalizado por Arrow e Debreu (1954) e outros autores na década de 1950, onde dois agentes principais – consumidores e produtores – comercializam bens e fatores entre si. Os consumidores possuem dotação inicial, um conjunto de preferências e demandam bens de forma a maximizar sua utilidade. Suas preferências são contínuas e convexas, e, portanto, as funções de demanda são contínuas, não-negativas e homogêneas de grau zero em relação aos preços. Os produtores, por sua vez, possuem uma tecnologia com função de produção com retornos constantes de escala. Os fatores são demandados pelas firmas de forma a minimizar seus custos (FOCHEZATTO, 2005).

No entanto, o equilíbrio geral é um instrumental teórico com finalidade de encontrar somente um ponto de equilíbrio através de hipóteses de otimização e condições de *market clearing*. Os modelos de equilíbrio geral computável (EGC) são, portanto, a parte aplicada do equilíbrio walrasiano. Utilizam-se de muitas equações simultâneas refletindo muitos setores, insumos, demandantes, além dos fatores de produção. São necessárias bases de dados bem construídas e algoritmos capazes de computar várias soluções numéricas (HADDAD, 2009; BANDARA, 1991). Desta forma, considera-se o modelo feito por Johansen (1960), sobre a economia norueguesa, como o primeiro modelo de EGC. A metodologia ganha popularidade, porém, a partir da década de 1970, com os choques do petróleo, a mudança do sistema monetário internacional e o aumento dos salários. Os modelos de EGC têm relevância, então, à medida em que possuem capacidade de compreender estes e outros choques de natureza inédita, ao contrário dos modelos econométricos (DIXON; PARMENTER, 1996). Soma-se a isso a evolução de tecnologia e da disponibilidade de dados, que permitem a construção de modelos cada vez mais robustos e detalhados, além da forte especificação em teoria econômica que a modelagem deste tipo demanda.

Justifica a escolha do EGC não somente por sua habilidade de lidar com choques inéditos, mas pela gama de assuntos com os quais se pode trabalhar, tais como: tributação, tarifas, políticas ambientais, transferência de renda e seguridade social, entre outros. Isto acontece também pela evolução dos modelos ao longo do tempo, que incluíram mecanismos de rigidez, hipótese de concorrência imperfeita e evolução temporal. Este último, chamado de modelo recursivo, é bastante aplicado a países em desenvolvimento e considera uma sucessão de equilíbrios de curto prazo para determinar o longo prazo, possibilitando, assim, avaliar políticas num horizonte de tempo.

Outro avanço importante da metodologia é a inclusão de diferentes regiões, sendo separados entre modelos do tipo *top-down*, *bottom-up* ou híbridos. No primeiro tipo, os modelos são especificados nacionalmente, mas existem equações que alocam os resultados por regiões, de acordo com a participação delas na economia nacional. Os modelos do tipo *bottom-up*, por sua vez, possuem equações que modelam o comportamento dos agentes regionalmente (FOCHEZATTO, 2005). Então, é possível a avaliação de políticas econômicas em âmbito multirregional.

Os modelos de EGC vem sendo aplicados nos mais diversos trabalhos. Em específico, a modelagem de desastres é útil para mensurar perdas econômicas. Koks *et al.* (2016) fazem uma comparação entre a modelagem do tipo EGC e modelos de insumo-produto nos impactos de duas inundações no norte da Itália. Giesecke *et al.* (2011) analisam as perdas econômicas oriundas de um potencial impacto com bombas atômicas em Los Angeles. Horridge, Madden e Wittwer (2005) constroem um modelo do tipo *bottom-up* para avaliar os impactos regionais da seca ocorrida na Austrália entre os anos de 2002 e 2003. Rose e Liao (2005) modelam a resiliência dos agentes envolvidos em catástrofes, avaliando os impactos econômicos da destruição de sistema hídrico de Portland após um terremoto. No Brasil, Simonato (2017) simula os impactos econômicos regionais gerados pelo Desastre Minerário de Mariana.

Os modelos de EGC também permitem a avaliação dos efeitos sistêmicos das políticas de transferências de renda. Guilhoto (1986) utiliza-se do modelo de EGC australiano ORANI adaptado à diferentes faixas de renda e aplicado ao estudo da distribuição de renda. Freire (2016) analisa os impactos econômicos de modificações de distribuição de rendimentos no Brasil através da incorporação da geração e da apropriação de renda por diferentes fontes em seu modelo de EGC com dinâmica recursiva. Simonato (2023) estuda os impactos regionais e sobre o mercado de trabalho do auxílio emergencial durante a pandemia de Covid19. Desta

forma, a modelagem também se mostra adequada para a avaliação dos impactos econômicos oriundos de programas de transferência de renda, como o ocorrido em Brumadinho após o rompimento da barragem de Córrego de Feijão.

As seções a seguir descrevem a estrutura teórica do modelo IMAGEM-Brumadinho assim como as principais características da base de dados utilizada.

### **3.1 Modelo IMAGEM-Brumadinho: Características Gerais e Estrutura Teórica**

Esta dissertação utiliza o modelo de equilíbrio geral computável IMAGEM-Brumadinho, que é uma aplicação do modelo *Integrated Multi-regional Applied General Equilibrium Model - Minas Gerais* (IMAGEM-MG) desenvolvido pelo Cedeplar/UFMG. Para este trabalho, foi necessária a regionalização do modelo para as regiões afetadas pelo desastre, de forma a especificar as economias atingidas. Detalhes do procedimento de regionalização são reportados na seção 2.2

O IMAGEM-Brumadinho é um modelo *bottom-up*, com um conjunto de equações linearizadas cujas soluções são apresentadas na forma de taxas de crescimento (modelo do tipo Johansen) e tem sua estrutura teórica derivada do modelo TERM (HORRIDGE, 2012; HORRIDGE; MADDEN; WITTEWER, 2005). O modelo tem capacidade de trabalhar com grande número de regiões e setores por meio de uma hipótese simplificadora de que todos os usuários de um determinado bem em uma região particular utilizam como origem as demais regiões em proporção fixa. Assim, elimina-se a necessidade de dados de origem por uso específico no destino, cuja disponibilidade costuma ser baixa. Esta é a principal modificação do IMAGEM-Brumadinho em relação ao modelo TERM. Outra adição importante do IMAGEM-Brumadinho é a capacidade de lidar com margens de transporte e comércio diferentes regionalmente. Assim, é possível simular políticas que impactam preços regionalmente e modelar a mobilidade regional de fatores (DOMINGUES; MAGALHÃES; FARIA, 2009).

Em termos gerais, o IMAGEM-Brumadinho é um modelo inter-regional dinâmico cuja estrutura central é composta por blocos de equações que representam a economia como um todo, pois descrevem as motivações e comportamentos de todos os produtores e consumidores, bem como do governo, dos investidores, do setor externo e das famílias, em uma economia e as ligações entre eles. Estes blocos determinam relações de oferta e demanda, derivadas de hipóteses de otimização e condições de equilíbrio de mercado. Ademais, vários agregados

nacionais são definidos, como nível de emprego, PIB, saldo comercial regional e índices de preços.

Os setores produtivos minimizam os custos de produção sujeitos a uma tecnologia de retornos constantes de escala em que as combinações de insumos intermediários e fator primário (agregado) são determinados por coeficientes fixos (Leontief). Há substituição via preços entre produtos domésticos e importados na composição dos insumos via função de elasticidade de substituição constante (CES). Uma especificação CES também controla a alocação do composto doméstico entre as diversas regiões. Também ocorre substituição entre capital e trabalho na composição dos fatores primários por meio de funções CES.

As famílias, setores e investidores escolhem entre produtos ou insumos domésticos e importados (de outro país) por uma especificação CES (hipótese de Armington<sup>2</sup>), baseada no preço de compra. Os setores produzem em retornos constantes de escala e utilizam, além dos insumos, fatores primários de produção: trabalho, capital e terra. Por outro lado, as equações de demanda das famílias estão especificadas por preferências CES/Klein-Rubin, de forma que primeiramente elas escolhem entre produtos domésticos e importados por uma CES e, em seguida, sua utilidade é maximizada por uma agregação Klein-Rubin dos bens compostos. Por fim, os “investidores”, para produzir capital, escolhem entre insumos domésticos e importados por uma especificação CES e o seu conjunto dos insumos intermediários compostos é formado pela combinação em proporções fixas (Leontief).

Há equilíbrio de mercado para todos os bens, tanto domésticos como importados, assim como no mercado de fatores (capital e trabalho) em cada região. As demandas por margens (transporte e de comércio) são proporcionais aos fluxos de bens aos quais as margens estão conectadas. Os preços de compra para cada um dos grupos de uso em cada região (produtores, investidores, famílias, exportadores e governo) são a soma dos valores básicos, impostos (diretos e indiretos) sobre vendas e margens (de comércio e transporte). O consumo do governo é exógeno.

A seguir, são detalhados os principais blocos de equações do modelo.

---

<sup>2</sup> Bens de diferentes origens são tratados como substitutos imperfeitos.

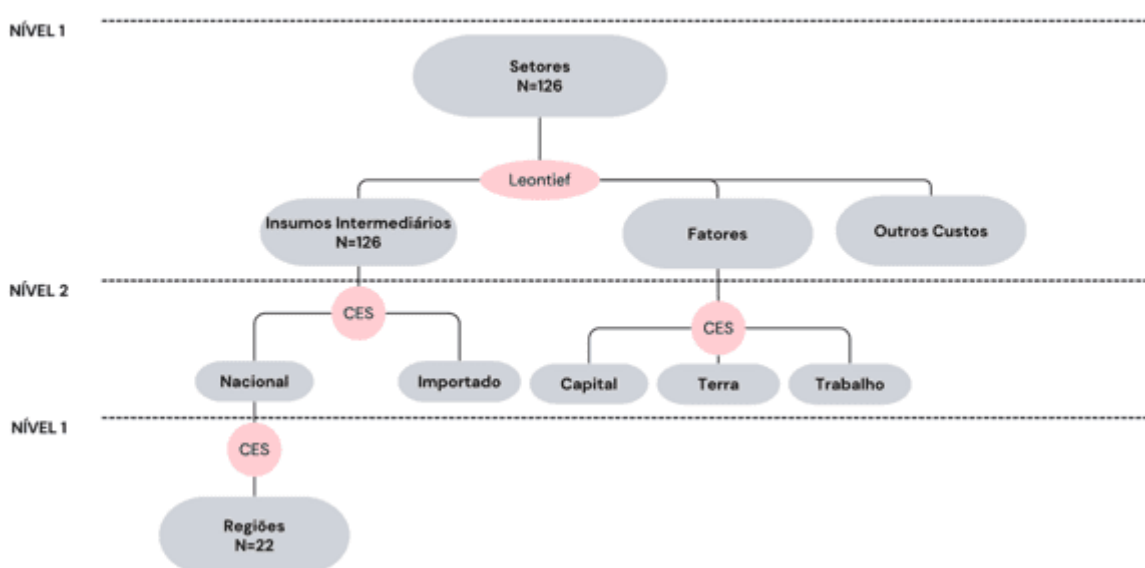
### 3.1.1 Produção Setorial

O modelo IMAGEM-Brumadinho é um modelo multiproduto – cada setor pode produzir mais de um produto a partir da combinação de insumos intermediários<sup>3</sup> (domésticos e importados), fatores primários (capital, trabalho e terra) e outros custos de produção (taxas e subsídios). Para tanto, dois blocos de equações compõem a função de produção por meio de uma estrutura aninhada: um sobre a utilização de fatores e outro sobre a utilização de insumos. Este procedimento é possível impondo a separabilidade fraca da função de produção, que reduz o número de parâmetros comportamentais (DIXON *et al.*, 1982).

A combinação de insumos intermediários e fatores através da tecnologia de produção segue uma função de Leontief, em que ambos são utilizados em proporção fixa. Os insumos podem ser de origem doméstica ou importada e esta proporção é definida por uma função CES. No caso dos produtos domésticos, sua origem regional é definida da mesma forma. Para tanto, considera-se a substitubilidade imperfeita entre insumos nacionais e domésticos, assim como entre insumos de diferentes regiões, conforme hipótese de Armington (ARMINGTON, 1969).

De maneira similar à escolha de insumos, a utilização fatores de produção são definidos por uma CES. A Figura 4 ilustra a estrutura descrita.

Figura 4: Estrutura Hierárquica da Tecnologia de Produção



Fonte: Horridge (2012); Simonato (2017)

Nota: dados trabalhados pelo autor

<sup>3</sup> Insumos, bens/produtos e setores são utilizados como sinônimos

### 3.1.2 Demanda Regional/Famílias

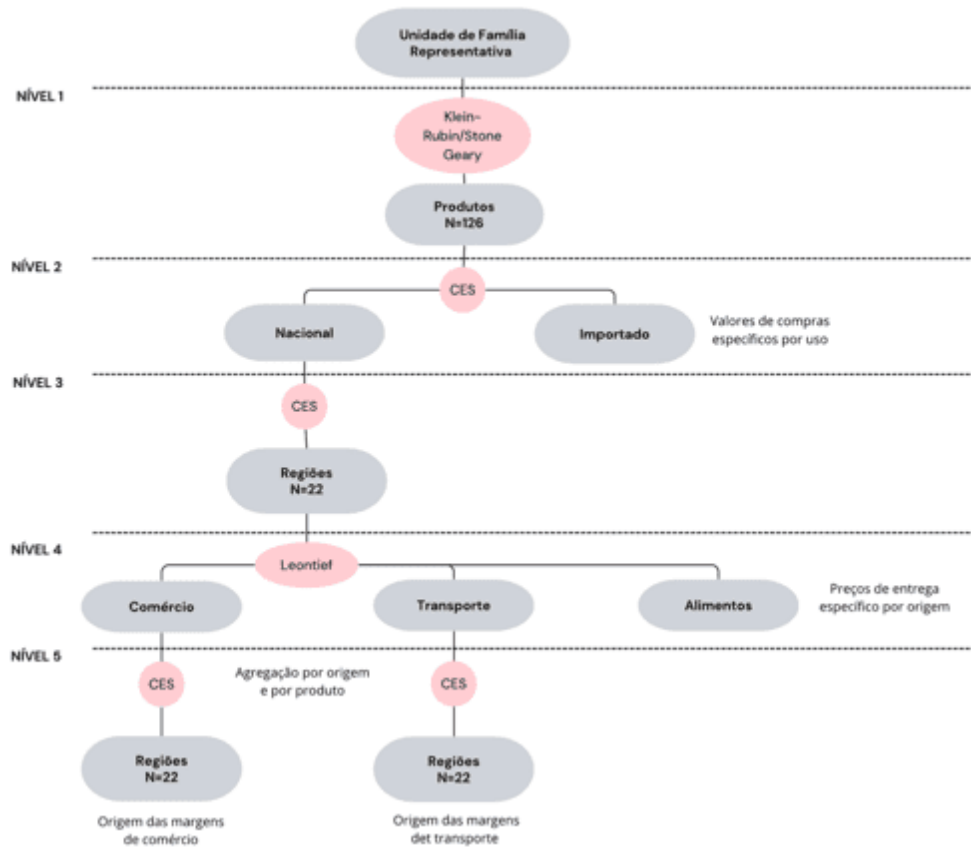
O modelo em questão é composto por uma família representativa e sua demanda é especificada por meio de funções de utilidade não-homotéticas CES/Klein-Rubin. A função de utilidade Klein-Rubin/Stone-Geary possui a forma de uma Cobb-Douglas e pode ser definida por:

$$U = \frac{1}{Q} \sum_i^N (X_i - \gamma_i)^{\beta_i}, \text{ onde } 0 < \beta_i < 1, \sum_i^N \beta_i = 1 \quad (1)$$

Na Equação 1,  $X_i$  representa o consumo agregado do bem  $i$  pela família representativa;  $Q = I$  (número de famílias);  $\gamma_i$  representa a quantidade de subsistência; por fim,  $\beta_i$  é a participação marginal do gasto. Desta forma, apenas o consumo de bens de luxo afeta a utilidade per capita (MAGALHÃES, 2013).

No primeiro nível da Figura 5, o problema de maximização de utilidade da função Klein-Rubin/Stone-Geary, apresentada na Equação 1, dá origem ao Sistema Linear de Gastos (LES – *Linear Expenditure System*).

Figura 5: Mecanismo de Composição da Demanda Familiar/Regional



O Sistema Linear de Gastos determina que variações na quantidade demandada são uma função linear das mudanças de renda, conforme a função de demanda<sup>4</sup> abaixo:

$$P_i X_i = P_i \gamma_i + \beta_i (m - \sum_{j \neq i}^N P_j \gamma_j) \quad (2)$$

A Equação 2 mostra que o consumo total é uma função linear dos preços e do dispêndio total,  $P_i X_i$ . O consumo de subsistência,  $P_i \gamma_i$ , é realizado independente do preço do bem  $i$ . A renda familiar disponível (representado pela renda total,  $m$ , subtraídos os gastos de subsistência nos demais setores,  $\sum_{j \neq i}^N P_j \gamma_j$ ) é o que sobra do orçamento familiar após a dedução dos gastos de subsistência (HORRIDGE, 2000). Assim, gastos acima do nível de subsistência representam uma parcela constante do gasto total de subsistência da família por bem (MAGALHÃES, 2013).

No segundo nível da Figura 5, as famílias escolhem entre bens importados ou nacionais seguindo uma função CES. De forma análoga, no terceiro nível, a origem regional dos bens domésticos é escolhida também por meio de uma função CES. A alocação de bens regionais é definida à partir dos preços de entrega decorrentes das margens de transporte e de comércio (SIMONATO, 2017). Em ambos os níveis, a hipótese de Armington continua válida. O parâmetro de substituição entre bens domésticos e importados, assim como entre bens domésticos regionais, assume o valor de 1,5, seguindo Horridge (2012).

O quarto nível define, através de uma função Leontief, a produção entre as regiões em função dos valores básicos, margem de transporte e margem de comércio. Para tanto, “a parcela de cada margem no preço total de entrega é uma combinação de origem, destino, bem e fonte” (SIMONATO, 2017). Assim, regiões de origem com menor custo de produção têm maior parcela no mercado destino.

Por fim, o sexto nível gerencia as margens por região. No modelo, ambas as margens são geradas com algum grau de substituição especificada por uma função CES com elasticidade de substituição igual a 0,2, definidas a partir da literatura.

---

<sup>4</sup> Para mais detalhes do problema de maximização da função de utilidade de Klein-Rubin/Stone-Geary, ver Dixon *et al.* (1982) e Horridge (2000).

### 3.1.3 Demanda por Bens de Investimento

Assim como os produtores e as famílias, os investidores fazem parte da demanda final e produzem novas unidades de bens de capital (formação bruta de capital fixo). Para tanto, eles minimizam custos sujeitos a uma tecnologia de produção hierarquizada (DOMINGUES, 2002).

No primeiro nível, os investidores optam por uma combinação de bens domésticos e importados através de uma função CES para cada origem. No segundo nível, insumos intermediários são utilizados em proporções fixas, estabelecendo, assim, o nível de produção de capital do setor.

Na dinâmica recursiva<sup>5</sup> do modelo, investimento e estoque de capital seguem processos de acumulação e deslocamento entre diferentes setores, onde as taxas de crescimento de capital nas indústrias são determinadas por funções que especificam quanto os investidores estão dispostos a fornecer à indústria  $j$  de acordo com aumentos esperados na taxa de retorno dela (TANURE, 2020). Desta forma, a estrutura de acumulação de capital na indústria  $j$  é dado por:

$$K_{j,t+1} = (1 - D_{j,t})K_{j,t} + I_{j,t} \quad (3)$$

Onde  $K_{j,t}$  representa o estoque de capital na indústria  $j$  e período  $t$ ;  $K_{j,t+1}$  é o estoque de capital na indústria  $j$  e período  $t+1$ ;  $I_{j,t}$  é o investimento na indústria  $j$  e período  $t$ ; e  $D_{j,t}$  é o parâmetro para a taxa de depreciação na indústria  $j$  e período  $t$ . A taxa de retorno esperada do capital na indústria  $j$  e ano  $t$  ( $E_t[R_{j,t}]$ ) é dada por:

$$E_t[R_{j,t}] = ER_j + D_j \quad (4)$$

Onde  $ER_j$  é a taxa de retorno de equilíbrio esperada na indústria  $j$  e  $D_j$  é uma medida de desequilíbrio na taxa de retorno corrente na indústria corrente. O mecanismo de dinâmica recursiva que determina o investimento setorial no modelo IMAGEM-Brumadinho é definido por:

$$E_t[R_{j,t}] = -1 + \frac{E_t[Q_{j,t+1}]}{C_{j,t}} \frac{1}{(1+r)} + (1 - D_j) \frac{E_t[C_{j,t+1}]}{C_{j,t}} \frac{1}{(1+r)} \quad (5)$$

---

<sup>5</sup> Numa dinâmica recursiva, considera-se a trajetória econômica como uma sucessão equilíbrios de curto prazo e o resultado de um determinado período depende do resultado obtido no período anterior. Neste caso, os agentes não utilizam informações do futuro para a tomada de decisões no presente e a decisão de poupança é baseada na antecipação das taxas de retorno futuras. Estas decisões determinam o investimento do presente e, com uma equação de acumulação de capital, determina a característica intertemporal do modelo. O crescimento de capital é o que modifica o consumo e investimento futuros (FOCHEZATTO, 2005).

Onde  $E_t$  é a expectativa no ano  $t$ ;  $R_{j,t}$  é a taxa de retorno realizada na indústria  $j$  e ano  $t$ ;  $Q_{j,t+1}$  é o retorno sobre o capital  $j$  em  $t+1$ ;  $r$  é a taxa de juros;  $C_{j,t}$  representa o custo de uma unidade extra de capital instalado no setor  $j$  e ano  $t$ . Esta equação determina a taxa de retorno como um valor presente de um real extra de investimento no setor  $j$  e ano  $t$ . Além disso, a renda gerada em  $t+1$  é igual a  $\frac{E_t[Q_{j,t+1}]}{C_{j,t}}$  e a redução de investimento é igual a  $(1 - D_j) \frac{E_t[C_{j,t+1}]}{C_{j,t}}$ .

Por fim, a curva de oferta de investimento é dada por:

$$E_t[R_{j,t}] = f_{j,t} \left( \frac{K_{j,t+1}}{K_{j,t}} - 1 \right) \quad (6)$$

Onde  $f_{j,t}$  representa uma função não decrescente. A Equação 6 determina que a taxa de retorno exigida pelos investidores ao gastar um real extra no setor  $j$  depende da taxa de crescimento do estoque de capital em  $j$ . A inclinação positiva da função faz com que, diante de uma redução da disponibilidade de fundos de investimento, o setor  $j$  atraia consideráveis fundos dada uma alta na taxa de crescimento do capital e, por conseguinte, provoque uma alta na taxa de esperada de retorno para atrair o investidor marginal (MAGALHÃES, 2013). Assume-se que a oferta de fundos de investimento é infinitamente elástica em relação à taxa de juros.

#### 3.1.4 Demanda do Governo, Estoques e Exportações

Para as exportações, assume-se que o resto do mundo é exógeno e com demandas negativamente inclinadas. Um vetor de elasticidade permite com que a demanda externa responda a alterações nos preços *free on board* (FOB) das exportações. Similarmente, a demanda do governo também é exógena e não é modelada. Por fim, a demanda por estoques responde ao nível de produção doméstica dos bens.

#### 3.1.5 Mercado de Trabalho

O modelo IMAGEM-Brumadinho é capaz de capturar o fluxo de trabalhadores entre as regiões. Para tanto, considera-se exógena a oferta nacional de trabalho. Ademais, o incentivo para migração é o diferencial de salário entre as diferentes regiões, o que torna a oferta de trabalho regional endógena (PINHEIRO, 2023).

#### 3.1.6 Equilíbrio de mercados, demanda por margens e preços de compra

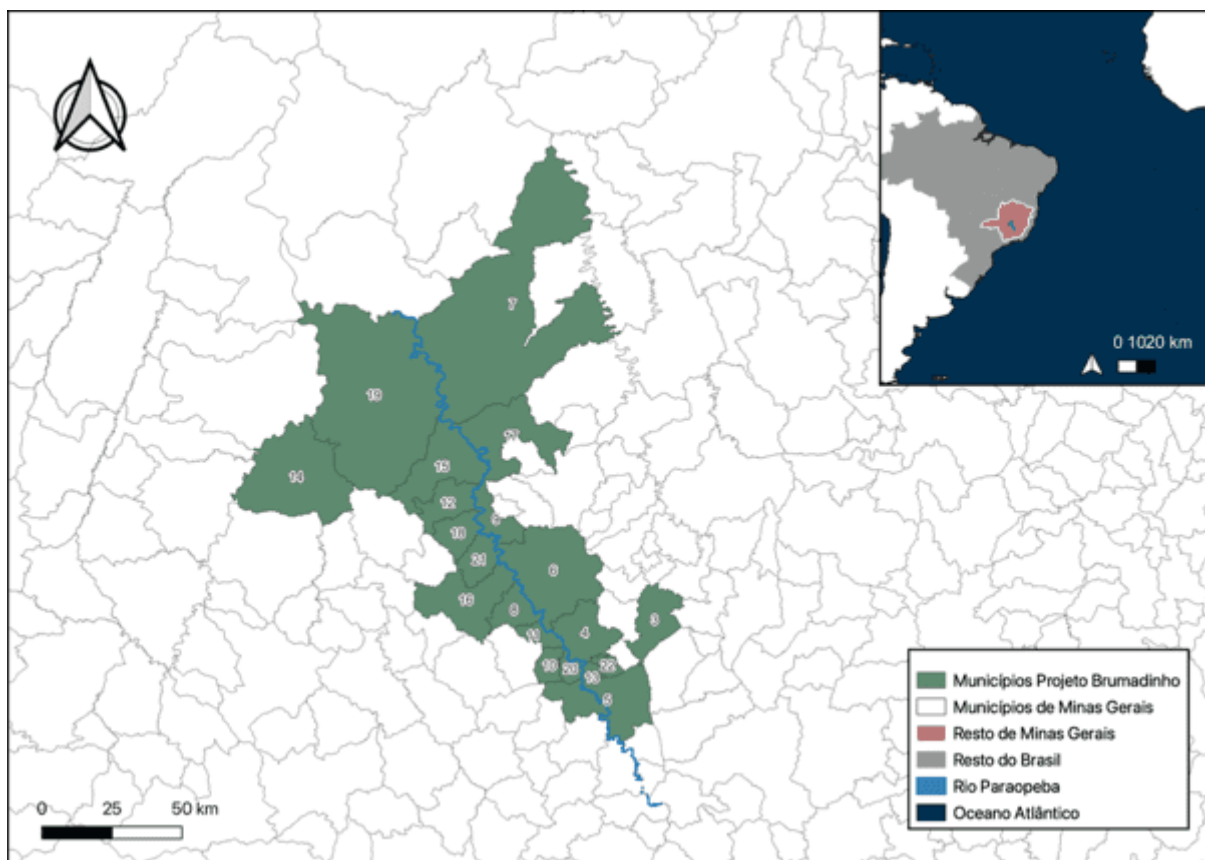
O modelo em questão trabalha com um equilíbrio de mercado para todos os bens, doméstico e importados, e para todos os fatores de produção. As margens de comércio e de transporte possuem demandas proporcionais ao fluxo de bens associados. Mudanças de margens são introduzidas de forma exógena ao modelo através de termos técnicos. Por fim, o preço de compra de cada bem para cada demandante final (produtores, investidores, famílias, governo e exportadores) é a soma do preço básico, impostos sobre vendas (diretos e indiretos), tratados com taxa *ad valorem*, e margens.

A partir de toda a estrutura descrita ao longo desta seção, é possível calcular agregados macroeconômicos a partir de especificação de equações, tais quais: PIB do lado da oferta e da demanda, saldo comercial, índices de preços variados, agregações de fatores primários, decomposições de vendas, decomposições do PIB, entre outros.

### **3.2 Base de Dados e Regionalização**

A base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho utiliza informações retiradas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), Comércio Exterior (SECEX), Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), entre outras fontes, a fim de estimar indicadores macroeconômicos alocados para cada região do modelo, tais como: Produto Interno Bruto (PIB), investimentos, gastos governamentais, dispêndios familiares, importações e exportações. Ela é composta, portanto, de 22 regiões, sendo 19 municípios definidos através da regionalização proposta pelo Projeto Brumadinho, além de Belo Horizonte, uma única região composta por todos os outros municípios do estado de Minas Gerais e outra região representando o restante do Brasil.

Figura 6: Regionalização do modelo IMAGEM-Brumadinho



Fonte: elaboração própria

O Projeto Brumadinho foi criado mediante o termo firmado entre a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) e o Juízo da 6ª Vara da Fazenda Pública da Comarca de Belo Horizonte, com o objetivo de instituir um órgão técnico que pudesse apoiar cientificamente as decisões jurídicas tomadas após o rompimento da barragem de Córrego do Feijão. Desta forma, foi feito o “Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do Colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão” (UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, 2019), que apresentou pesquisas feitas através de subprojetos selecionados pelo comitê técnico-científico formado por professores da UFMG. Os subprojetos foram agrupados em áreas temáticas para identificar e avaliar necessidades emergenciais das populações atingidas pós-desastre, além de desenvolver um plano de recuperação para plena e justa reparação de danos e perdas ocorridos em função do desastre.

Os 19 municípios utilizados nos subprojetos do Projeto Brumadinho foram definidos previamente pelo Juízo e se estendem de Brumadinho até a represa da Usina Hidrelétrica de Retiro Baixo. São eles: Betim, Brumadinho, Curvelo, Esmeraldas, Florestal, Fortuna de Minas,

Igarapé, Juatuba, Maravilhas, Mário Campos, Martinho Campos, Papagaios, Pará de Minas, Paraopeba, Pequi, Pompéu, São Joaquim de Bicas, São José da Varginha e Sarzedo.

A partir da definição das regiões que farão parte do modelo, utilizam-se diferentes fontes de dados de modo a construir matrizes regionais que considerem as participações destas regiões nos dados. A principal fonte primária é a Matriz de Insumo-Produto de 2015 (IBGE, 2018), a mais recente disponível. A matriz de insumo-produto (MIP) decompõe os fluxos entre as atividades econômicas, fatores primários e demanda final, descrevendo a estrutura interna de cada setor produtivo e do conjunto da economia. Ela é um instrumento importante para avaliar as interdependências entre os setores produtivos, possibilitando identificar seus efeitos multiplicadores sobre a produção, o emprego e a renda. Através dela, obtém-se uma matriz nacional com 126 setores/produtos com as respectivas informações:

- i) Recursos de bens e serviços;
- ii) Usos de bens e serviços;
- iii) Oferta e demanda da produção nacional a preço básico;
- iv) Oferta e demanda de produtos importados a preço básico;
- v) Destino dos impostos sobre produtos nacionais;
- vi) Destino dos impostos sobre produtos importados;
- vii) Destino da margem de comércio sobre produtos nacionais;
- viii) Destino da margem de comércio sobre produtos importados;
- ix) Destino da margem de transporte sobre produtos nacionais;
- x) Destino da margem de transporte sobre produtos importados;
- xi) Matriz dos coeficientes técnicos dos insumos nacionais;
- xii) Matriz dos coeficientes técnicos dos insumos importados;
- xiii) Matriz de participação setorial na produção dos produtos nacionais;
- xiv) Matriz dos coeficientes técnicos intersetoriais;
- xv) Matriz de impacto intersetorial - Matriz de Leontief;

Além disso, utiliza-se dados do Produto Interno Bruto dos 5570 municípios brasileiros obtidos no SIDRA/IBGE desagregado em: i) Valor Adicionado Bruto da Agropecuária; ii) Valor Adicionado Bruto da Indústria; iii) Valor Adicionado Bruto dos Serviços; iv) Valor Adicionado Bruto da Administração Pública; v) Valor Adicionado Bruto Total; vi) Impostos; e vi) PIB total. Por fim, são adicionados dados de massa de salário da atividade formal para os 5570 municípios brasileiros da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), disponível até 2018, por

município e setores de atividade. Para a regionalização do ano base é necessário dados de massa salarial por atividade e município em 2015, para desagregação do fator primário trabalho no modelo. A Figura 7 ilustra a estrutura da base de dados inicial do modelo, antes do processo de regionalização.

Figura 7: Estrutura Inicial da Base de Dados do Modelo IMAGEM-Brumadinho

		Matriz de Absorção					
		1	2	3	4	5	6
		Produção	Investimento	Famílias	Exportações	Governo	Estoques
Tamanho		← I →	← I →	← I →	← I →	← I →	← I →
Fluxos Básicos	C×S	V1BAS	V2BAS	V3BAS	V4BAS	V5BAS	V6BAS
Margens	C×S×M	V1MAR	V2MAR	V3MAR	V4MAR	V5MAR	V6MAR
Impostos	CxSxI	V1TAX	V2TAX	V3TAX	V4TAX	V5TAX	V6TAX
Trabalho	1	VILAB	C = Número de produtos (commodities) I = Número de indústrias (setores) S = 2: Doméstico, Importado M = número de commodities utilizadas como margens				
Capital	1	VICAP					
Terra	1	VILND					
Impostos sobre produção	1	VIPTX					

		Matriz de produção conjunta	
Tamanho		← I →	
c		MAKE	

		Impostos de importação	
Tamanho		← I →	
c		V0TAR	

Fonte: elaboração própria

As colunas na matriz de absorção representam as estruturas de compras pelos usuários do modelo, sendo identificadas como: i) produtores domésticos; ii) investidores representados por setores industriais; iii) uma família representativa; iv) um consumidor representativo para as exportações; v) governo e vi) estoques. Os 126 produtos podem ter origem doméstica ou importada, sendo absorvidos como insumos intermediários pelos setores produtores, como formação bruta de capital fixo pelos setores investidores, como bens finais pelas famílias e governo, como produtos exportados e como variação em estoques. Os produtos de transporte e comércio são utilizados como serviços de margem. Os fatores primários de produção, capital, trabalho e terra são absorvidos apenas pelo usuário “produtores”.

O procedimento de regionalização da base de dados inicial se baseia na metodologia proposta em Horridge (2012), adaptado para o caso brasileiro. Durante o procedimento, busca-se a consistência da base de dados com os dados oficiais das Contas Regionais, Contas Nacionais, Matriz de Insumo- Produto, informações do IBGE; e Comercio Exterior (SECEX), Produção Industrial (PIA) e Emprego (RAIS).

O processo de regionalização da base de dados permite:

- 1) Analisar indicadores relevantes na estrutura produtiva municipal, tais como, participação de fatores primários (terra, capital, trabalho, impostos) e participação da demanda final (consumo das famílias, governo, investimento e exportações) no PIB dos municípios, além de mapear o fluxo de comercio por volume e direção;
- 2) Mapear e identificar as cadeias produtivas de cada município atingido e suas relações inter-regionais, dividindo-os por segmentos econômicos;

De posse dos setores, o próximo passo é o procedimento de regionalização da produção e da demanda final, nas regiões do modelo. As informações necessárias para o procedimento estão sintetizadas no Quadro 2 que representam as participações regionais de cada usuário final.

Quadro 2: Participações Regionais para o Procedimento de Regionalização

Variável	Descrição	Fonte
R001	Participação regional da produção (por $i$ setores e $r$ regiões)	IBGE, RAIS
R002	Participação regional do investimento (por $i$ setores e $r$ regiões)	IBGE, RAIS
R003	Participação regional do consumo das famílias (por $c$ produtos e $r$ regiões)	POF, IBGE
R004	Participação regional das exportações (por $c$ produtos e $r$ regiões)	SECEX
R005	Participação regional do consumo do governo (por $c$ produtos e $r$ regiões)	IBGE
R006	Participação regional da variação de estoques (por $c$ produtos e $r$ regiões)	IBGE, RAIS

Fonte: elaboração própria

As participações regionais de cada usuário final somadas, devem ser iguais a 1, totalizando 100% do valor agregado nacional. Assim, a título de exemplo, a variável R001 ( $i,r$ ), representa a participação da indústria  $i$ , da região  $r$ , na produção nacional do setor  $i$ .

A variável R001, representa a participação regional da produção e é elaborada através de dados do Valor Agregado Bruto (VAB) da pesquisa do PIB Municipal do IBGE. Tais dados são agregados em três setores: Agropecuária, Indústria e Serviços, e por isso, devem ser desagregados para compreender o universo dos 126 setores do modelo. A desagregação é realizada através da subdivisão desses 3 setores em 12 atividades econômicas, calculados na Tabela 1. Por fim, a participação de cada atividade econômica no PIB é ponderada pela participação da massa salarial para cada um dos 126 setores de cada região do modelo. Os dados de participação setorial da massa salarial são extraídos pela RAIS, por região e por categoria CNAE 2.0 Classe, utilizando a variável remuneração nominal média.

Tabela 1: Participação das Atividades Econômicas no PIB (2015)

Atividades Econômicas	Participação
Agropecuária	100%
Indústrias extrativas	10%
Indústrias de transformação	53%
Eletricidade e gás, água, esgoto, atividades de gestão de resíduos	11%
Construção	26%
Comércio	18%
Transporte, armazenagem e correio	6%
Informação e comunicação	5%
Atividades financeiras, de seguros e serviços relacionados	10%
Atividades imobiliárias	13%
Outras atividades de serviços	24%
Administração, defesa, saúde e educação públicas e seg. social	24%

Fonte: elaboração própria

As participações de investimento (R002) e variação de estoques (R006) representam as mesmas participações regionais da produção (R001). O uso do *share* de produção como proxy para investimento e estoques é adotado em decorrência da indisponibilidade de dados regionalizados para estas variáveis. A participação dos gastos do governo (R005) é obtida através da participação da Administração Pública no PIB total de cada região do modelo.

A participação regional do consumo das famílias (R003) é obtida através de dados sobre despesas extraídas da POF e classificadas de acordo com o Sistema de Contas Nacionais. Os microdados da POF contêm as despesas agregadas em despesas correntes, aumento do ativo e redução do passivo.

A variável R004, representada pela participação regional das exportações, é obtida com base nas informações do sistema ComexStat da Secretaria de Comércio Exterior. Os parâmetros utilizados, Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM) e busca por Unidade da Receita Federação (URF), permitem a extração de dados por porto de saída/entrada, indicando a região exportadora no modelo.

Em seguida, são realizadas a divisão de usuários por destino e construídas as matrizes inter-regionais de comércio para os produtos domésticos e importados, com ajustes de oferta e demanda nas matrizes de comércio regional. Para isso, são necessários dados adicionais. O Quadro 3 apresenta as variáveis utilizadas para a sequência de regionalização.

Quadro 3: Dados Adicionais para o Procedimento de Regionalização

Dimensão	Descrição	Coefficiente
reg*reg	Menor distância entre as regiões	distance
com*org	Participação das importações nacionais por porto de entrada	mshr
reg*mar	Margem ponderada	marwgt
com*src	Fator de distância para a fórmula gravitacional	disfac
Mar	Tendência para que a margem tenha fonte local	locmar
Dst	População regional	pop
Com	Coefficiente de Armington entre regiões	sigmadomdom
Mar	Elasticidade de substituição entre regiões de margem de produção	sigmamamar
	Conjunto RLOC de commodities verdadeiramente locais	
	Conjunto DMAR de distância relacionada a margens	

Fonte: elaboração própria

As participações são utilizadas para desagregar a base nacional para as matrizes USE, FACTOR e MAKE, ilustradas na Figura 7. Essas matrizes não distinguem a região de origem dos insumos, então as participações (R001 a R006) foram utilizadas para dividi-las por usuário e por destino. Para a divisão dos usuários por destino, assume-se que a razão de importados/domésticos e as proporções de insumos por indústria são iguais entre as regiões. As matrizes MAKE regionais seguem a MAKE nacional, distribuídas de acordo com os *shares* de produção R001.

As margens são distribuídas conforme os fluxos básicos da economia nacional, de acordo com a distância média entre as regiões. Utiliza-se o parâmetro MARWGT para ponderar a margem por setor, diferenciando produtos de fácil e de difícil deslocamento. As margens (MARGIN) e os fluxos básicos (BASIC) são arranjados na matriz USE, assumindo que a razão de fluxos

básicos sobre a margem (BASIC/MARGIN) é constante para todos os usuários de determinada região.

Em seguida são realizadas as projeções iniciais de oferta (Oferta  $c,s,r$ ) e demanda (Demanda  $c,s,r$ ) regional de produtos, por fonte (doméstica ou importada). As diferenças regionais são acomodadas no comercio inter-regional. A oferta regional é dada por:

$$\text{Oferta}_{c,dom,r} = \text{MAKE\_I}_{c,r} \quad (7)$$

$$\text{MAKE}_{c,s,r} = \text{RP}_{i,r} \times \text{NMAKE}_{c,i} \quad (8)$$

$$\text{IMPORT}_{c,r} = \text{MSHR}_{c,r} \times \text{NATIMP}_c \quad (9)$$

$$\text{Oferta}_{c,imp,r} = \text{IMPORT}_{c,r} \quad (10)$$

A Oferta doméstica de cada produto (Oferta $c,dom,r$ ), por região, é representada pela matriz de produção MAKE, composta pelo somatório da produção por setor i e por região (MAKE\_I $c,r$ ). Sendo a oferta doméstica total, por região, composta pela MAKE agregada nacional, denominada de NMAKE em (8) multiplicada pelas participações produtivas setoriais, por região (RP $i,r$ ). A oferta de produtos importados segue a mesma lógica. Sendo a oferta regional (Oferta $c,imp,r$ ), composta pela oferta de importados agregada nacional (NATIMP $c$ ), multiplicada pelas participações das importações por porto de entrada (MSHR $c,r$ ), ou seja, a oferta de importados, depende das importações nacionais e é desagregada regionalmente de acordo com o porto de entrada.

$$\text{Demanda}_{c,s,r} = \text{BASIC\_U}_{c,s,r} \quad (11)$$

$$\text{BASIC}_{c,s,u,r} = \text{NBASIC}_{c,s,u} \times \text{USHR}_{c,s,u,r} \quad (12)$$

A demanda regional por produtos, domésticos e importados é representada pela matriz BASIC nacional agregada (NBASIC  $c,s,u$ ) multiplicada pelas participações de produção setorial por região e por usuário (USHR  $c,s,u,r$ ).

Por fim, o mesmo procedimento foi utilizado para desagregar os fatores primários entre as regiões do modelo, onde a matriz de custos dos fatores de primários (capital, trabalho e terra), acrescida de impostos, em cada região, é determinada pela participação da produção (RP  $i,r$ ) na matriz de custos nacional (NFAC  $if$ ).

A matriz de comércio inter-regional, denominada TRADE, apresenta dados para cada produto, de origem doméstica ou importada. Nas submatrizes, correspondentes a cada região do modelo, as linhas representam as regiões de origem, e a coluna as regiões de uso. Os elementos na diagonal, representam a produção que é consumida na própria região, e o somatório das linhas é igual ao somatório das colunas.

Para a construção das matrizes de comércio, utiliza o método gravitacional para garantir consistência entre os valores totais das linhas e colunas. No início do processo, apenas os valores agregados, compostos pelo somatório das linhas e colunas, é conhecido. Formalmente temos:

$$\text{Oferta } c,s,r = \text{total de } c,s \text{ ofertado em } r = \sum_r \text{TRADE } c, s, r, d \quad (13)$$

$$\text{Demanda } c,s,r = \text{total de } c,s \text{ usado em } d = \sum_d \text{TRADE } c, s, r, d \quad (14)$$

Onde a Oferta  $c,s,r$  total da região  $r$ , é igual ao somatório na linha da matriz de comércio na região de origem  $r$  ( $\sum_r \text{TRADE } c, s, r, d$ ). A Demanda  $c,s,r$  total da região  $d$  é igual ao somatório na coluna da matriz de comércio na região de destino  $d$  ( $\sum_d \text{TRADE } c, s, r, d$ ).

Em seguida, obtém-se os dados referentes às participações de cada produto  $c$  em cada destino  $d$ , com origem na região  $r$ . Esse processo é baseado em um conjunto de equações com informações da matriz de distâncias e do método gravitacional, permitindo a construção da matriz de comércio inter-regional TRADE. A equação do método gravitacional pode ser descrita formalmente como:

$$V_{r,d} = \frac{\lambda_r \mu_d S_r}{(D_{r,d})^2} \text{ com } r \neq d \quad (15)$$

Sendo  $V_{r,d}$  o fluxo de renda de  $r$  para  $d$ , referente à matriz TRADE.  $S_r$  é a oferta total na região  $r$ , e  $D_{r,d}$ , é a distância entre as regiões  $r$  e  $d$ . As variáveis  $\lambda_r$  e  $\mu_d$  são adquiridas para satisfazer:

$$\sum_r V_{r,d} = V_{*,d} \quad \text{e} \quad \sum_d V_{r,d} = V_{r,*} \quad (16)$$

As equações em (16) indicam que a demanda total da região  $d$  corresponde ao somatório na coluna do fluxo entre as regiões  $r$  e  $d$ , e a oferta total da região  $r$ , corresponde ao somatório na linha do fluxo entre as regiões  $r$  e  $d$ .

Os fluxos de comércio, mensurados dessa forma, podem ser superestimados, sobretudo em regiões pequenas cercadas por regiões maiores. Isso ocorre quando a distância representada pela variável  $D_{r,d}$  na equação 10, considerando  $r$  uma região pequena e  $d$  uma região grande, tem valor pequeno, indicando grande fluxo de comércio ( $V_{r,d}$ ). Neste sentido, para evitar a superestimação, é preciso mensurar a proporção de demanda que é satisfeita localmente ( $V_{d,d}$ ).

$$V_{d,d} = \text{MIN} \frac{[1, V_{d,*}]}{V_{*,d}} [(1-(0,2)^k] \quad (17)$$

Na equação 17, o componente  $\text{MIN} \frac{[1, V_{d,*}]}{V_{*,d}}$  representa a demanda local em  $d$  atendida pela própria produção local. O parâmetro  $k^6$ , representa o fator de distância do método gravitacional. Quanto maior o valor de  $k$ , mais difícil é o transporte do produto. A partir da equação (16), assume-se que, se a oferta local é suficiente para suprir a demanda local,  $V_{d,*}/V_{*,d} < 1$ , temos que ao menos 80% da demanda será suprida localmente. Nos casos em que  $V_{d,*}/V_{*,d} > 1$ , assume-se:

$$V_{r,d} = \frac{S_r^{0,5}}{(D_{r,d})^k} \cdot \delta_d \cdot \lambda_r \quad (18)$$

O parâmetro  $\delta_d$  indica a participação regional na produção. Adota-se o valor padrão de  $\delta_d = 0,1$  em regiões onde a razão entre a oferta local e a demanda local de um produto é menor do que 1 ( $V_{d,*}/V_{*,d} < 1$ ). Em contrapartida, se a oferta local é igual ou superior à demanda local por determinado produto ( $V_{d,*}/V_{*,d} > 1$ ), adota-se o valor padrão de  $\delta_d = 1$ .

Os valores para  $V_{r,d}$  são obtidos através de um procedimento de escalonamento denominado de Método RAS, que consiste no ajustamento dos valores das linhas e colunas da matriz de forma proporcional ao total das mesmas. Assim, os valores pré-existent das células dão origem a um novo conjunto de valores, mantendo a consistência entre as somas das colunas e linhas e seus respectivos valores totais.

Os fluxos de comércio incorporam os custos de transporte, que são proporcionais à distância percorrida. A Equação 19 formaliza os custos de transporte.

$$\frac{T_{r,d}}{V_{r,d}} \propto \sqrt{D_{r,d}} \quad (19)$$

---

<sup>6</sup> Os produtos agropecuários, considerados de fácil transporte, assumem valor de  $k$  igual a 1. Produtos que representam a administração pública assumem valor 2 (HORRIDGE, 2006).

Sendo  $T_{r,d}$  a matriz TRADMAR,  $\alpha$  uma constante de proporcionalidade (para satisfazer as restrições das tabelas iniciais da matriz insumo-produto). As estimativas utilizadas para o cálculo dos fluxos de comércio inter-regionais são realizadas a partir de dados desagregados. A desagregação é relevante, pois através dela verificamos regiões onde não há fluxo de comércio, reduzindo a margem de erro ao incorporar tais regiões pelo método gravitacional.

Por fim, o procedimento de regionalização visa garantir que os fluxos de comércio respeitem as seguintes condições de equilíbrio, preservando as identidades contábeis:

- i) A soma da matriz de comércio ( $\sum_r \text{TRADE}_{c,s,r,d}$ ) deve ser igual à soma dos fluxos básicos para todos os usuários ( $\text{BASIC\_U}_{c,s,d}$ ):

$$\text{BASIC\_U}_{c,s,d} = \sum_r \text{TRADE}_{c,s,r,d} \quad (20)$$

- ii) A soma das margens sobre a matriz de comércio ( $\sum_r \text{TRADMAR}_{c,s,m,r,d}$ ) devem igualar-se ao total de margens para todos os usuários ( $\text{MARGINS\_U}_{c,s,m,d}$ ):

$$\text{MARGINS\_U}_{c,s,m,d} = \sum_r \text{TRADMAR}_{c,s,m,r,d} \quad (21)$$

- iii) A soma da matriz de comércio de bens importados ( $\sum_d \text{TRADE}_{c,imp,r,d}$ ) deve igualar-se ao total de importações por porto de entrada ( $\text{IMPORT}_{c,r}$ ):

$$\text{IMPORT}_{c,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,imp,r,d} \quad (22)$$

- iv) A soma da matriz de comércio doméstico, sem margem e com margem ( $\sum_{rr} \text{SUPPMAR}_{m,rr,d,r}$ ) sobre as regiões de destino ( $\sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d}$ ) deve ser adicionada à oferta doméstica ( $\text{MAKE\_I}_{s,r}$ ):

$$\text{MAKE\_I}_{s,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d} \quad (23)$$

$$\text{MAKE\_I}_{m,r} = \sum_d \text{TRADE}_{c,dom,r,d} + \sum_{rr} \text{SUPPMAR}_{m,rr,d,r} \quad (24)$$

- v) A soma da oferta de margens ( $\sum_p \text{SUPPMAR}_{m,r,d,p}$ ), deve corresponder à soma das margens na matriz de comércio ( $\text{TRADMAR\_CS}_{m,r,d}$ ):

$$\text{TRADMAR\_CS}_{m,r,d} = \sum_p \text{SUPPMAR}_{m,r,d,p} \quad (25)$$

Para que as condições sejam atendidas, utilizou-se o método RAS de escalonamento para o ajuste das matrizes. O método é adotado duas vezes para minimizar a possibilidade de erros. Ao final, o procedimento faz uma checagem para verificar a existência de inconsistências e compila as matrizes de comércio e de insumo-produto em um mesmo arquivo, finalizando a etapa de regionalização.

### 3.3 Parâmetros e Elasticidades

O modelo IMAGEM-Brumadinho conta com uma série de parâmetros e elasticidades para sua correta calibragem. Para tanto, utiliza-se a literatura como fonte primária, devido à escassez de dados para sua estimação, além de estimativas econométricas do modelo IMAGEM-MG (DOMINGUES, E. *et al.*, 2009). Alguns parâmetros-chave utilizados são detalhados na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros e Elasticidades do Modelo IMAGEM-Brumadinho

Parâmetro	Descrição	Dimensão	Valor
DPRC	Taxa de depreciação	IND	0,05
QRATIO	Razão investimento/capital (máximo/tendência)	IND*DST	4,00
RNORMAL	Taxa de retorno normal bruta	IND*DST	12,6%
GROTREND	Razão investimento/capital (tendência)	IND*DST	0,70 a 0,84
ALPHA	Elasticidade do investimento	IND*DST	5,00
SIGMA1LAB	Elasticidade de substituição de trabalho	IND	0,02
SIGMA1PRIM	Elasticidade de substituição dos fatores primários	IND	0,63
ARMSIGMA	Elasticidade de substituição dos bens intermediários	COM	1,50
SIGMADOMDOM	Elasticidade de substituição entre as regiões	COM	1,50
SIGMAMARMAR	Elasticidade de substituição entre as regiões de margem de produção	MAR	0,20
FRISCH	Parâmetro de FRISCH	DST	-2,48
EPS	Elasticidade-renda dos gastos das famílias	COM*DST	1,00
SIGMAOUT	Elasticidade de transformação	IND	0,50
EXP_LAST	Elasticidade da demanda por exportações	COM	1,00

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

O parâmetro de FRISCH (FRISCH, 1959), utilizado nas equações de demanda da família representativa do modelo, mede a flexibilidade da utilidade marginal do gasto das famílias (DOMINGUES, 2002). Quanto maior seu valor (em módulo), maior o consumo de bens de subsistência em detrimento aos bens de luxo. O valor de -2,48 foi estimado por Domingues *et al.* (2009) e significa um extrato de renda média. Ainda, assume-se que a elasticidade-renda dos

gastos das famílias (EPS) é igual a um, ou seja, a variação percentual da quantidade demandada pelas famílias é igual à variação percentual da renda. Este valor também é um valor médio para o parâmetro.

### 3.4 Agregação Setorial

Conforme descrito ao longo deste capítulo, o Modelo IMAGEM-Brumadinho conta com 126 setores que, para fins de simplificação, serão agrupados em 10 setores segundo descrito no Quadro 4. O procedimento é feito de modo a priorizar setores que podem ser diretamente afetados pelo rompimento da barragem de Córrego do Feijão, assim como pelas transferências de renda.

Quadro 4: Descrição Setorial da Base de Dados do IMAGEM-Brumadinho

Nº	Setores
1	Agricultura
2	Pecuária
3	Produtos de Exploração Florestal e Silvicultura
4	Pesca
5	Minério de Ferro
6	Indústria Extrativa
7	Indústria de Transformação
8	Serviços Industriais de Utilidade Pública
9	Comércio
10	Serviços

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

### 3.5 Descrição da Base de Dados do Modelo

A base de dados gerada possui 22 regiões e 126 setores (agrupados em 10 categorias). Esta seção faz uma análise descritiva das principais características da base de dados a fim de ilustrar a estrutura econômica das regiões do modelo.

A Tabela 3 mostra a participação percentual de cada região do modelo no PIB nacional. Os municípios do Projeto Brumadinho correspondem a apenas 2,24% do PIB brasileiro e, por isso, os efeitos das transferências têm caráter estritamente regional, que serão explorados no capítulo 3.

Tabela 3: Participação no PIB de cada região do modelo IMAGEM-Brumadinho em relação ao PIB nacional

Regiões	Participação %
Resto do Brasil	90,826%
Resto de Minas Gerais	6,930%
Belo Horizonte	1,671%
Betim	0,376%
Brumadinho	0,034%
Curvelo	0,023%
Esmeraldas	0,012%
Florestal	0,002%
Fortuna de Minas	0,001%
Igarapé	0,009%
Juatuba	0,017%
Maravilhas	0,001%
Mario Campos	0,002%
Martinho Campos	0,005%
Papagaios	0,003%
Pará de Minas	0,043%
Paraopeba	0,008%
Pequi	0,001%
Pompeu	0,012%
São Joaquim de Bicas	0,008%
São José da Varginha	0,001%
Sarzedo	0,014%

Fonte: base de dados do Modelo IMAGEM-Brumadinho

Observa-se, a partir da Tabela 3, certa homogeneidade entre os PIBs municipais. Grande parte dos municípios têm participação menor que 1,0%, divergindo apenas Betim (0,38%) e Belo Horizonte (1,7%), em função da destacada importância econômica destas cidades na região.

Em relação à composição setorial (Tabela 4), os serviços respondem por 45,9% da produção total, seguido pela indústria de transformação (27,6%) e comércio (10,1%). Em meio aos municípios afetados pelo desastre de Brumadinho, o perfil de produção é bastante heterogêneo. Destaca-se Brumadinho e Sarzedo, que possuem a extração de minério de ferro responsável por 17,6% da produção em cada um, sendo o terceiro setor com maior participação em ambos os municípios. A indústria de transformação, segunda maior responsável pela produção total, tem destaque em Betim (57,1%) e Juatuba (47,0%). Por fim, o comércio tem maior representatividade em Florestal (14,0%) e Papagaios (12,8%).

Tabela 4: Participação dos setores do Modelo IMAGEM-Brumadinho no total da produção setorial por região

Região	Agricultura	Pecuária	Produtos de Exploração	Pesca	Indústria Extrativa	Minério de Ferro	Indústria de Transformação	SIUP	Comércio	Serviços	Total
Resto do Brasil	2,9%	1,2%	0,2%	0,1%	2,0%	0,3%	27,4%	9,4%	10,2%	46,3%	100,0%
Resto de Minas Gerais	5,0%	2,4%	0,2%	0,1%	0,6%	1,9%	30,0%	9,5%	8,8%	41,4%	100,0%
Belo Horizonte	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	6,7%	19,8%	9,2%	11,9%	52,0%	100,0%
Betim	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,4%	0,0%	57,1%	11,8%	5,4%	25,4%	100,0%
Brumadinho	0,3%	0,3%	0,0%	0,0%	0,0%	17,6%	39,0%	13,0%	4,8%	25,0%	100,0%
Curvelo	1,5%	3,4%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	14,7%	6,3%	12,3%	61,6%	100,0%
Esmeraldas	2,2%	3,9%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	10,9%	4,2%	12,6%	65,9%	100,0%
Florestal	2,8%	13,9%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	10,1%	4,5%	14,0%	54,6%	100,0%
Fortuna de Minas	6,8%	19,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	7,2%	5,0%	11,9%	49,5%	100,0%
Igarapé	0,4%	0,3%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	19,9%	7,4%	12,6%	59,1%	100,0%
Juatuba	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	1,5%	0,4%	47,0%	15,5%	6,3%	29,1%	100,0%
Maravilhas	3,4%	11,7%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	15,6%	2,9%	12,9%	53,4%	100,0%
Mario Campos	0,1%	1,0%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	11,9%	3,2%	16,5%	67,2%	100,0%
Martinho Campos	8,0%	17,2%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	15,1%	6,6%	8,9%	44,1%	100,0%
Papagaios	2,0%	9,4%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	13,8%	7,5%	12,8%	54,2%	100,0%
Pará de Minas	0,3%	5,9%	0,0%	0,0%	0,3%	0,0%	31,2%	8,9%	8,7%	44,7%	100,0%
Paraopeba	2,9%	4,9%	1,1%	0,0%	0,2%	0,0%	25,9%	10,0%	9,1%	45,8%	100,0%
Pequi	8,5%	27,4%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	3,6%	2,1%	11,0%	47,4%	100,0%
Pompeu	11,5%	10,1%	2,1%	0,0%	0,2%	0,0%	25,6%	4,0%	8,0%	38,5%	100,0%
São Joaquim de Bicas	0,1%	0,1%	0,0%	0,0%	1,1%	0,3%	31,1%	13,0%	9,3%	45,0%	100,0%
São José da Varginha	8,7%	39,5%	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	8,1%	2,0%	8,5%	33,0%	100,0%
Sarzedo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	17,6%	32,9%	10,1%	7,0%	32,3%	100,0%
Total	3,0%	1,2%	0,2%	0,1%	1,9%	0,5%	27,6%	9,4%	10,1%	45,9%	100,0%

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

Em relação à demanda das famílias, sua proporção em relação ao PIB das regiões do modelo também é diversa, embora significativa de modo geral. Ressalta-se maior peso em municípios de menor porte, como em São Joaquim de Bicas (84,4%), Papagaios (70,7%) e Maravilhas (70,2%).

Tabela 5: Demanda das famílias como proporção do PIB das regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho

Regiões	Participação %
Resto do Brasil	63,4%
Resto de Minas Gerais	53,3%
Belo Horizonte	41,7%
Betim	49,2%
Brumadinho	34,9%
Curvelo	62,8%
Esmeraldas	55,0%
Florestal	66,7%
Fortuna de Minas	51,0%
Igarapé	60,9%
Juatuba	44,4%
Maravilhas	70,2%
Mario Campos	59,0%
Martinho Campos	65,8%
Papagaios	70,7%
Pará de Minas	59,8%
Paraopeba	53,2%
Pequi	43,2%
Pompeu	42,9%
São Joaquim de Bicas	84,4%
São José da Varginha	49,1%
Sarzedo	60,8%

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

### 3.6 Descrição da Base de Dados das Transferências de Renda

A base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho considera o montante de R\$3,5 bilhões, distribuídos até dezembro de 2022 em 19 municípios definidos pelo Projeto Brumadinho. Os municípios de Sarzedo e Martinho Campos, apesar de considerados no modelo, não receberam transferências. A Tabela 6 descreve o total transferido por ano aos outros 17 municípios que compõem a regionalização proposta no modelo no período considerado para este trabalho. Brumadinho é responsável 51,5% do montante total transferido entre 2019 e 2022, seguido por

Betim (15,1%) e São Joaquim de Bicas (12,1%). O menor volume financeiro foi transferido ao município de Maravilhas, com 0,1% do total.

Tabela 6: Auxílio Emergencial/PTR transferidos entre 2019 e 2022 por município

Municípios Comtemplados	2019	2020	2021	2022	Total	Participação %
Betim	R\$ 187.921.239,02	R\$ 86.781.456,07	R\$ 110.194.947,26	R\$ 140.480.947,15	R\$ 525.378.589,50	15,1%
Brumadinho	R\$ 540.108.343,97	R\$ 354.506.075,23	R\$ 432.042.045,55	R\$ 465.215.821,94	R\$ 1.791.872.286,69	51,5%
Curvelo	R\$ 16.319.296,00	R\$ 8.390.621,35	R\$ 10.615.875,21	R\$ 13.351.523,15	R\$ 48.677.315,71	1,4%
Esmeraldas	R\$ 23.828.996,50	R\$ 12.853.882,77	R\$ 16.154.265,15	R\$ 19.802.294,25	R\$ 72.639.438,67	2,1%
Florestal	R\$ 7.173.374,50	R\$ 3.784.688,72	R\$ 4.644.208,83	R\$ 5.157.120,66	R\$ 20.759.392,71	0,6%
Fortuna de Minas	R\$ 3.089.059,50	R\$ 1.812.349,68	R\$ 3.201.836,97	R\$ 8.336.923,76	R\$ 16.440.169,92	0,5%
Igarapé	R\$ 4.937.804,82	R\$ 2.507.846,71	R\$ 3.074.385,14	R\$ 3.399.230,56	R\$ 13.919.267,22	0,4%
Juatuba	R\$ 95.781.304,00	R\$ 49.454.993,55	R\$ 61.059.232,49	R\$ 69.625.433,63	R\$ 275.920.963,67	7,9%
Maravilhas	R\$ 1.077.091,50	R\$ 565.011,42	R\$ 727.801,34	R\$ 976.739,50	R\$ 3.346.643,76	0,1%
Mário Campos	R\$ 75.205.552,50	R\$ 39.096.954,74	R\$ 48.169.666,41	R\$ 54.436.270,01	R\$ 216.908.443,66	6,2%
Papagaios	R\$ 2.150.191,00	R\$ 1.202.423,15	R\$ 1.469.094,20	R\$ 1.600.026,28	R\$ 6.421.734,62	0,2%
Pará de Minas	R\$ 3.028.181,50	R\$ 4.609.114,31	R\$ 5.232.840,82	R\$ 3.742.359,03	R\$ 16.612.495,66	0,5%
Paraopeba	R\$ 1.392.459,50	R\$ 790.435,72	R\$ 2.710.922,59	R\$ 11.522.921,20	R\$ 16.416.739,01	0,5%
Pequi	R\$ 2.122.247,00	R\$ 1.181.023,90	R\$ 1.506.957,13	R\$ 1.955.599,35	R\$ 6.765.827,38	0,2%
Pompeu	R\$ 3.208.320,50	R\$ 1.617.671,61	R\$ 2.158.679,60	R\$ 3.246.047,94	R\$ 10.230.719,65	0,3%
São Joaquim de Bicas	R\$ 141.744.013,96	R\$ 75.699.706,29	R\$ 94.008.939,79	R\$ 109.855.400,97	R\$ 421.308.061,01	12,1%
São José da Varginha	R\$ 4.123.736,00	R\$ 2.503.626,60	R\$ 3.107.705,38	R\$ 3.624.472,69	R\$ 13.359.540,67	0,4%
<b>Total</b>	<b>R\$ 1.113.211.211,77</b>	<b>R\$ 647.357.881,82</b>	<b>R\$ 800.079.403,83</b>	<b>R\$ 916.329.132,09</b>	<b>R\$ 3.476.977.629,51</b>	<b>100%</b>

Fonte: VALE, 2022; FGV, 2023

Nota: dados trabalhados pelo autor

Os recursos começaram a ser transferidos a partir de abril de 2019, retroativos ao mês de fevereiro do mesmo ano, quando a Vale assinou um acordo junto a 6ª Vara da Fazenda Pública e Autarquias de Belo Horizonte (VALENTE; CANOFRE, 2019). Inicialmente, o auxílio foi acordado em um salário mínimo para cada adulto morador de Brumadinho, meio salário para cada adolescente e um quarto de salário para cada criança. Além disso, o acordo também previa pagamentos para moradores em até 1 km da calha do Rio Paraopeba desde Brumadinho até Pompéu. Desta forma, a Vale foi responsável pelos pagamentos até outubro de 2021, somando R\$2,3 bilhões transferidos, como exposto na Tabela 7.

Novamente, Brumadinho foi responsável pela maior parcela das transferências, com 51,8% do montante total transferido entre 2019 e 2021, seguido por Betim (14,7%) e São Joaquim de Bicas (12,5%). O município de Paraopeba teve o menor montante recebido, representando 0,1% do total. Nota-se que 2019 foi o ano com maior volume de pagamentos, total de R\$1,1 bilhão, que foram reduzidos gradualmente ao longo do período considerado

Tabela 7: Recursos transferidos pela Vale entre fevereiro de 2019 e outubro de 2021 por município

Municípios	2019	2020	2021	Total	Participação %
Betim	R\$ 187.921.239,02	R\$ 86.781.456,07	R\$ 68.748.924,51	R\$ 343.451.619,60	14,7%
Brumadinho	R\$ 540.108.343,97	R\$ 354.506.075,23	R\$ 311.567.285,67	R\$ 1.206.181.704,87	51,8%
Curvelo	R\$ 16.319.296,00	R\$ 8.390.621,35	R\$ 7.949.019,70	R\$ 32.658.937,05	1,4%
Esmeraldas	R\$ 23.828.996,50	R\$ 12.853.882,77	R\$ 12.098.642,32	R\$ 48.781.521,59	2,1%
Florestal	R\$ 7.173.374,50	R\$ 3.784.688,72	R\$ 3.309.341,81	R\$ 14.267.405,03	0,6%
Fortuna de Minas	R\$ 3.089.059,50	R\$ 1.812.349,68	R\$ 1.645.902,74	R\$ 6.547.311,92	0,3%
Igarapé	R\$ 4.937.804,82	R\$ 2.507.846,71	R\$ 2.290.273,24	R\$ 9.735.924,77	0,4%
Juatuba	R\$ 95.781.304,00	R\$ 49.454.993,55	R\$ 43.314.273,58	R\$ 188.550.571,13	8,1%
Maravilhas	R\$ 1.077.091,50	R\$ 565.011,42	R\$ 516.343,00	R\$ 2.158.445,92	0,1%
Mário Campos	R\$ 75.205.552,50	R\$ 39.096.954,74	R\$ 34.519.914,83	R\$ 148.822.422,07	6,4%
Papagaios	R\$ 2.150.191,00	R\$ 1.202.423,15	R\$ 1.083.209,36	R\$ 4.435.823,51	0,2%
Pará de Minas	R\$ 3.028.181,50	R\$ 4.609.114,31	R\$ 2.321.389,70	R\$ 9.958.685,51	0,4%
Paraopeba	R\$ 1.392.459,50	R\$ 790.435,72	R\$ 823.120,00	R\$ 3.006.015,22	0,1%
Pequi	R\$ 2.122.247,00	R\$ 1.181.023,90	R\$ 1.166.477,63	R\$ 4.469.748,53	0,2%
Pompeu	R\$ 3.208.320,50	R\$ 1.617.671,61	R\$ 1.485.226,33	R\$ 6.311.218,44	0,3%
São Joaquim de Bicas	R\$ 141.744.013,96	R\$ 75.699.706,29	R\$ 73.972.256,26	R\$ 291.415.976,51	12,5%
São José da Varginha	R\$ 4.123.736,00	R\$ 2.503.626,60	R\$ 2.316.827,82	R\$ 8.944.190,42	0,4%
<b>Total</b>	<b>R\$ 1.113.211.211,77</b>	<b>R\$ 647.357.881,82</b>	<b>R\$ 569.128.428,50</b>	<b>R\$ 2.329.697.522,09</b>	<b>100,0%</b>

Fonte: VALE, 2022

Nota: dados trabalhados pelo autor

A partir de novembro de 2021, em âmbito do Acordo Judicial de Reparação homologado pelo Governo de Minas Gerais em conjunto com o Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), o Ministério Público Federal (MPF) e a Defensoria Pública de Minas Gerais (DPMG), a Fundação Getúlio Vargas (FGV) assumiu a operacionalização dos pagamentos do Auxílio Emergencial, agora denominado Programa de Transferência de Renda (PTR). Os dados trabalhados, recebidos pela FGV, são de novembro de 2021 até dezembro de 2022 e somam R\$1,1 bilhão transferidos. A base de dados original considera valores totais acumulados por município entre novembro de 2021 até setembro de 2023 e, por isso, foi aplicada uma média ponderada afim de obter valores por ano e eliminados os valores de 2023.

Nesta fase dos pagamentos apenas os moradores em até 1 km da calha do Rio Paraopeba recebem o auxílio integralmente. Toda a população de Brumadinho para além deste perímetro teve o pagamento reduzido à metade. A Tabela 8 descreve os montantes transferidos por município entre novembro de 2021 e dezembro 2022.

Tabela 8: Recursos transferidos em âmbito do PTR entre novembro de 2021 e dezembro de 2022 por município

Município	2021	2022	Total	Participação %
Betim	R\$ 23.413.491,19	R\$ 140.480.947,15	R\$ 163.894.438,34	15,3%
Brumadinho	R\$ 77.535.970,32	R\$ 465.215.821,94	R\$ 542.751.792,26	50,8%
Curvelo	R\$ 2.225.253,86	R\$ 13.351.523,15	R\$ 15.576.777,01	1,5%
Esmeraldas	R\$ 3.300.382,38	R\$ 19.802.294,25	R\$ 23.102.676,63	2,2%
Florestal	R\$ 859.520,11	R\$ 5.157.120,66	R\$ 6.016.640,77	0,6%
Fortuna de Minas	R\$ 1.389.487,29	R\$ 8.336.923,76	R\$ 9.726.411,06	0,9%
Igarapé	R\$ 566.538,43	R\$ 3.399.230,56	R\$ 3.965.768,98	0,4%
Juatuba	R\$ 11.604.238,94	R\$ 69.625.433,63	R\$ 81.229.672,57	7,6%
Maravilhas	R\$ 162.789,92	R\$ 976.739,50	R\$ 1.139.529,42	0,1%
Mário Campos	R\$ 9.072.711,67	R\$ 54.436.270,01	R\$ 63.508.981,68	5,9%
Papagaios	R\$ 266.671,05	R\$ 1.600.026,28	R\$ 1.866.697,32	0,2%
Pará de Minas	R\$ 623.726,51	R\$ 3.742.359,03	R\$ 4.366.085,54	0,4%
Paraopeba	R\$ 1.920.486,87	R\$ 11.522.921,20	R\$ 13.443.408,07	1,3%
Pequi	R\$ 325.933,23	R\$ 1.955.599,35	R\$ 2.281.532,58	0,2%
Pompéu	R\$ 541.007,99	R\$ 3.246.047,94	R\$ 3.787.055,93	0,4%
São Joaquim de Bicas	R\$ 18.309.233,50	R\$ 109.855.400,97	R\$ 128.164.634,47	12,0%
São José da Varginha	R\$ 604.078,78	R\$ 3.624.472,69	R\$ 4.228.551,47	0,4%
<b>Total</b>	<b>R\$ 152.721.522,01</b>	<b>R\$ 916.329.132,09</b>	<b>R\$ 1.069.050.654,10</b>	<b>100%</b>

Fonte: FGV, 2023

Nota: dados trabalhados pelo autor

Entre 2021 e 2022, Brumadinho seguiu sendo o município com maior volume financeiro de transferências, com 50,8% do total, participação menor, porém, que no período entre 2019 e 2021 em função da redução dos pagamentos à metade para grande parte da população município. Em comparação com os dados da Tabela 7, a cidade de Fortuna de Minas teve o maior crescimento de transferências, +48,6%. Brumadinho teve a maior redução de participação no total transferido, com queda de 1p.p..

De acordo com os dados divulgados pela Vale (VALE, 2023), em dezembro 2019, 104,4 mil pessoas recebiam o auxílio, sendo 50,9 mil moradores de Brumadinho. Em dezembro de 2020, o total de beneficiários caiu para 97,5 mil pessoas, sendo 49,5 mil de Brumadinho. Ao final de outubro de 2021, último mês de pagamentos operacionalizado pela Vale, o número total de pessoas beneficiadas era 99,3 mil, onde 49,9 mil eram de Brumadinho. Em setembro de 2023, a FGV divulgou o total de 123,5 mil contemplados (FGV PTR, 2023), porém não há informações públicas sobre o número histórico de beneficiários desde que a mesma assumiu a operacionalização do PTR. É possível concluir que o número de beneficiários aumentou já em novembro de 2021, visto que o montante total de transferências em 2021 é 23,6% maior em relação ao ano anterior. A razão deste aumento é, principalmente, devido à inclusão de novas poligonais no Programa e, portanto, novos beneficiários, conforme divulgado mensalmente no site destinado ao PTR<sup>7</sup>. Por fim, é necessário considerar que o aumento do montante total entre os períodos analisados é também devido aos reajustes aplicados ao benefício, que é calculado em salário mínimo.

---

<sup>7</sup> <https://ptr.fgv.br/transparencia>

## 4 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

A simulação proposta neste capítulo tem o objetivo de avaliar os impactos econômicos do Auxílio emergencial/Programa de Transferência de Renda ocorrido em Brumadinho e região após o rompimento da barragem de Córrego de Feijão. A estratégia de simulação utilizada se baseia em dois fechamentos, a saber: o cenário base, que replica a trajetória tendencial da economia; e o cenário de política, que busca simular o impacto líquido das transferências sobre as regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho.

Este capítulo divide-se entre duas seções. A primeira detalha o fechamento adotado em ambos os cenários. A segunda e última seção apresenta os resultados encontrados a partir das simulações.

### 4.1 Fechamentos e Choques

Nos modelos de EGC, o número de equações é menor que o número de variáveis. O fechamento (*closure*) de um modelo é a escolha de variáveis endógenas e exógenas a fim de igualar o número de equações e variáveis, e, assim, possibilitar a solução dele. O número de variáveis exógenas deve ser igual a diferença entre o número de equações e variáveis. Diferentes fechamentos possuem diferentes conjuntos de variáveis exógenas e, por isso, a mudança de fechamento altera as soluções encontradas. Desta forma, um mesmo modelo pode ser usado de diversas maneiras (DIXON; PARMENTER, 1996) e é importante assegurar que a escolha de variáveis exógenas reflita corretamente a política que se busca analisar.

Para o modelo IMAGEM-Brumadinho adotam-se dois cenários de fechamentos: o cenário base e o cenário de política. O primeiro cenário indica a trajetória tendencial da economia. No cenário de política, por sua vez, aplicam-se os choques. Logo, a diferença entre os dois cenários é o efeito líquido das transferências de renda sobre a economia das regiões escolhidas.

Para a operacionalização dos fechamentos, assumiu-se que toda a renda oriunda do auxílio emergencial/PTR foi direcionada ao consumo das famílias. A hipótese é razoável quando se leva em consideração o ambiente econômico durante o período, que inclui a pandemia de Covid-19, onde as famílias perderam fontes de renda. Além disso, ela remete à característica principal de auxílios monetários pós-desastres: amparar famílias em situação de vulnerabilidade, mantendo suas necessidades básicas e meios de vida (CRETÌ; JASPARS;

OXFAM GB, 2006). A composição setorial do consumo total das famílias é definida endogenamente.

Assim, para o ano de 2019, um vetor de choques sobre o consumo da família representativa do modelo foi construído a partir da razão entre i) o valor total transferido por região  $r$  no período  $t$  e ii) o consumo das famílias por região  $r$  no período  $t-1$ , conforme demonstrado na Equação 26:

$$Choque_t^r = \frac{Valor\ total\ transferido_t^r}{Consumo\ das\ famílias_{t-1}^r} * 100 \quad (26)$$

Para o período entre 2020 e 2022, foi construída uma matriz cujos valores são calculados através da razão entre i) a variação das transferências por região  $r$  no período  $t$  e ii) o consumo das famílias por região  $r$  no período  $t-1$ :

$$Choque_t^r = \frac{\Delta Valor\ total\ transferido_t^r}{Consumo\ total\ das\ famílias_{t-1}^r} * 100 \quad (27)$$

Onde o numerador é a diferença entre o valor total transferido por região  $r$  no período  $t$  e o valor total transferido por região  $r$  no período  $t-1$ :

$$\Delta Valor\ total\ transferido_t^r = Valor\ total\ transferido_t^r - Valor\ total\ transferido_{t-1}^r \quad (28)$$

Desta maneira, a diferenciação dos choques por ano permite que o impacto das transferências seja cumulativo nas simulações a partir da dinâmica recursiva do modelo. O Quadro 5 descreve as variáveis exógenas no fechamento padrão do modelo.

Quadro 5: Descrição das variáveis exógenas no fechamento padrão

Variável	Dimensão	Descrição
acap	IND*DST	Mudança tecnológica do capital
ahou_s	COM*DST	Mudança nas preferências de consumo das famílias
aint_d	COM*IND	Mudança tecnológica de bens intermediários
alnd	IND*DST	Mudança tecnológica da terra
aprintot	1	Mudança tecnológica genérica de fatores primários
aprim_i	DST	Mudança tecnológica genérica de fatores primários
atot	IND*DST	Mudança tecnológica genérica
atradmar_cs	MAR*ORG*DST	Mudança tecnológica de margens
bint_scd	IND	Mudança tecnológica de bens intermediários
blab_o	IND*DST	Mudança tecnológica do fator trabalho
blab_oid	1	Mudança tecnológica do fator trabalho
delPTXRATE	IND*DST	Mudança na taxa de imposto sobre a produção
delUnity	1	Variável para acionamento do mecanismo de acumulação de capital
fgov	COM*SRC*DST	Mudança na demanda do governo
fgovgen	1	Mudança na demanda do governo
fgovtot	DST	Mudança na demanda do governo
fgov_s	COM*DST	Mudança na demanda do governo
finvl	IND*DST	Mudança no investimento por setor e região
flab	IND*OCC*DST	Mudança de salários
flab_io	DST	Mudança de salários
flab_iod	1	Mudança de salários
fpexp	COM*SRC	Variável para endogeneizar
fqexp	COM*SRC	Varição adicional no preço das exportações
fqexp_cs	1	Varição adicional na quantidade das exportações
fnorm	IND*DST	Varição adicional no retorno bruto do capital
fnorm_id	1	Varição adicional no retorno bruto do capital
gtrend	IND*DST	Razão tendencial entre capital e investimento
houslack	1	Variável para acionamento da acomodação de variações no consumo
invslack	1	Variável para acionamento da acomodação de variações no investimento
labslack	1	Variável para acionamento da acomodação de variações no emprego
nhou	DST	População regional
pfimp	COM*ORG	Varição adicional no preço das importações
phi	1	Taxa de câmbio (numerário)
tuser	COM*SRC*USR*DST	Incidência de impostos sobre os produtos
twistsrc	COM*SRC*ORG	Substituição no fluxo de origem dos produtos
xcap	IND*DST	Uso de capital
xhoutot	DST	Consumo real total das famílias região
xlnd	IND*DST	Uso da terra

Fonte: base de dados do Modelo IMAGEM-Brumadinho

#### 4.1.1 Cenário Base

Para o cenário base, são realizadas modificações no fechamento padrão, denominadas *swaps*, para que o fechamento replique a trajetória histórica da economia. Para isso, algumas variáveis exógenas do fechamento padrão se tornam endógenas no cenário base e vice-versa. O Quadro 6 exhibe as modificações adotadas entre os dois fechamentos.

Quadro 6: Alterações do fechamento padrão para o cenário base

Variável		Descrição
Endógena	Exógena	
xcap	Faccum	Ativa o mecanismo de acumulação de capital
xhoutot	Fhou	Consumo real segue a renda das famílias
houslack	Natfhou	Propensão nacional a consumir é fixa
natfhou	NatMacro("RealHou")	Consumo real agregado das famílias exógeno
fgovgen	Natmacro("Realgov")	Consumo do governo agregado exógeno
fnorm_id	Natmacro("RealInv")	Investimento agregado exógeno
aprintot	NatMacro("RealGDP")	PIB real agregado exógeno
fqexp_cs	Natmacro("ExpVol")	Volume agregado de exportações exógeno

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

São incluídos dados observados em variáveis macroeconômicas apresentadas no Quadro 6, com início em 2016 e fim em 2022. A Tabela 9 apresenta tais choques:

Tabela 9: Choques históricos adotados no cenário base (variação percentual anual)

Variável	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Consumo das Famílias	-3,8	2,0	2,4	2,6	-4,6	3,7	4,3
Gasto do Governo	0,2	-0,7	0,8	-0,5	-3,7	3,5	1,5
Investimentos	-12,1	-2,6	5,2	4,0	-1,7	16,5	0,9
PIB	-3,3	1,3	1,8	1,2	-3,3	5,0	2,9
Exportações	0,9	4,9	4,1	-2,6	-2,3	5,9	5,5

Fonte: IBGE (2023); SIMONATO (2023)

A partir destes choques, o modelo recalcula as demais variáveis e atualiza sua base de dados. Assim, é possível incorporar as dinâmicas econômicas do período estudado. Analisando os dados, observa-se grande variação dos agregados macroeconômicos, sobretudo os investimentos. Enquanto a economia brasileira se recuperava timidamente de uma recessão a partir de 2017, esta trajetória é interrompida em 2020 com a retração dos agregados em resposta

à crise econômica causada pela pandemia de Covid-19. O ano de 2021 é marcado por intensa retomada econômica, onde a maior variação positiva foi nos investimentos. O crescimento das variáveis em 2022 permanece ainda que em menores taxas se comparadas ao ano de 2021.

#### 4.1.2 Cenário de Política

Conforme indicado, o cenário de política deve refletir os efeitos de Auxílio Emergencial/PTR transferidos por região na economia. Desta forma, o fechamento deve acomodar os choques calculados pelas equações 23 e 24, através de variáveis de consumo das famílias, de acordo com os seguintes *swaps*:

Quadro 7: Alterações do fechamento padrão para o cenário de política

Variável		Descrição
Endógena	Exógena	
Fhou	whoutot	Consumo nominal exógeno por região
houslack	Natfhou	Propensão nacional a consumir é fixa

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

A variável whoutot recebeu choques entres os anos de 2019 e 2022. Seus valores são apresentados na Tabela 10. Alguns municípios que fazem parte da região “Resto de Minas Gerais” receberam transferências de renda através do Auxílio Emergencial/PTR, são eles: Bonfim, Felixlândia, Moeda, Rio Manso, Abaeté, Morada Nova de Minas, Paineras, São Gonçalo do Abaeté e Três Maria. Estes valores, no entanto, não foram transformados em choques uma vez que a magnitude das transferências é insignificante se comparada com o consumo das famílias na região como um todo.

Tabela 10: Choques sobre o consumo das famílias decorrentes das transferências de renda (%)

Região	Ano			
	2019	2020	2021	2022
Resto do Brasil	0,0	0,0	0,0	0,0
Resto de Minas Gerais	0,0	0,0	0,0	0,0
Belo Horizonte	0,0	0,0	0,0	0,0
Betim	1,9	-0,9	0,2	0,3
Brumadinho	84,7	-26,9	12,3	4,8
Curvelo	2,1	-0,9	0,3	0,3
Esmeraldas	6,8	-2,9	1,0	1,0
Florestal	12,2	-5,3	1,5	0,8
Fortuna de Minas	18,6	-7,1	8,5	29,0
Igarapé	1,6	-0,7	0,2	0,1
Juatuba	23,1	-10,3	2,8	1,9
Maravilhas	2,0	-0,9	0,3	0,4
Mario Campos	111,9	-49,7	13,7	8,7
Martinho Campos	0,0	0,0	0,0	0,0
Papagaios	1,7	-0,7	0,2	0,1
Pará de Minas	0,2	0,1	0,0	-0,1
Paraopeba	0,6	-0,2	0,8	3,5
Pequi	8,7	-3,6	1,4	1,8
Pompeu	1,1	-0,5	0,2	0,4
São Joaquim de Bicas	37,6	-16,2	4,9	3,9
São José da Varginha	14,0	-5,0	2,1	1,7
Sarzedo	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: base de dados do modelo IMAGEM-Brumadinho

Os choques principais ocorreram em 2019, primeiro ano de Auxílio Emergencial. Destacam-se Mario Campos (111,9%), Brumadinho (84,7%) e São Joaquim de Bicas (37,6%). Mario Campos e São Joaquim de Bicas são municípios que fazem fronteira com Brumadinho e possuem 15,9 e 34,3 mil moradores, respectivamente, segundo o Censo Demográfico de 2022. O primeiro possuía 7,3 mil pessoas beneficiadas pelo Auxílio ao fim de 2019 (VALE, 2023). São Joaquim de Bicas, por sua vez, faz parte da Bacia do Rio Paraopeba e possuía 13,5 pessoas recebendo o auxílio na mesma data.

No ano seguinte, grande parte dos choques são negativos, uma vez que o montante total de transferências caiu 41,8% em relação ao ano anterior. Os maiores choques são, novamente, Mário Campos (-49,7%), Brumadinho (-26,9%) e São Joaquim de Bicas (-16,2%).

Os choques voltam a ser positivos em 2021, reflexo do aumento de beneficiários já mencionado na seção 2.5, mas não retornam à magnitude observada em 2019, o que indica a manutenção dos valores transferidos. Em 2022, o maior choque foi em Fortuna de Minas (29,0%), cidade que também faz parte da bacia do Rio Paraopeba. O montante total de transferências passou de R\$3,1 milhões, em 2019, para R\$8,3 milhões em 2020, aumento de 167,7%.

As seções a seguir apresentam os resultados obtidos a partir das simulações apresentadas.

#### **4.2 Resultados da Simulações**

Nesta seção apresentam-se os resultados obtidos através das simulações sobre os principais agregados macroeconômicos e sobre setores selecionados dentre os considerados no modelo IMAGEM-Brumadinho. Destaca-se, novamente, que os números apresentados significam desvios percentuais acumulados entre 2019 e 2022 em relação ao cenário que representa a trajetória tendencial da economia, exceto quando dito o contrário. Assim, o resultado apresenta o efeito líquido das transferências sobre as economias.

Os resultados são apresentados para o município de Brumadinho, onde ocorreu o rompimento da barragem de Córrego do Feijão, fato gerador do Auxílio Emergencial/PTR. Em seguida são apresentados os resultados das regiões definidas na modelagem. Nos anexos A e B estão os resultados detalhados por região.

#### 4.2.1 Município de Brumadinho

Os resultados sugerem que o ganho acumulado sobre o PIB como produto do Auxílio Emergencial/PTR foi de 1,96%, impactado positivamente pelo consumo das famílias, seguido pelas importações, investimentos e exportações. Em outras palavras, as transferências contribuíram para sustentar um crescimento de 1,96% do PIB de Brumadinho em relação a um cenário em que não existiriam. Logo, sem as transferências, o PIB do município cairia 1,96% em relação ao cenário base. A Tabela 11 apresenta o resultado percentual acumulado sobre indicadores selecionados no município de Brumadinho no período considerado nas simulações.

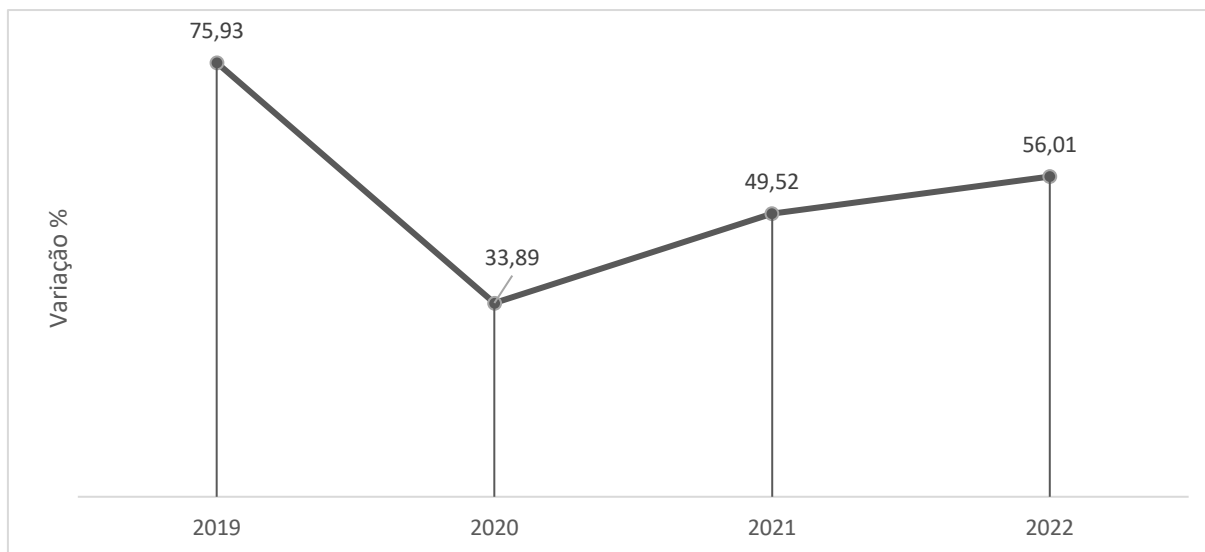
Tabela 11: Impacto das transferências de renda sobre indicadores econômicos em Brumadinho-MG (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base)

Indicadores	2019-2022
PIB	1,96
Consumo das Famílias	56,01
Investimentos	4,34
Exportações	0,08
Importações	7,08
Emprego	-0,73
Índice de Preços	5,20

Fonte: elaboração própria

O crescimento de 56,01% no consumo das famílias em relação ao cenário base é gerado pelos choques implementados. Ao longo do período, no entanto, houve uma grande variação deste indicador. Conforme demonstrado no Gráfico 2, as transferências foram responsáveis pelo crescimento do consumo das famílias em 75,93% no ano inicial de auxílio. A queda nos anos seguintes reflete o decréscimo observado no volume de transferências.

Gráfico 2: Impacto das transferências sobre o consumo das famílias em Brumadinho-MG entre 2019 e 2021 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base)



Fonte: elaboração própria

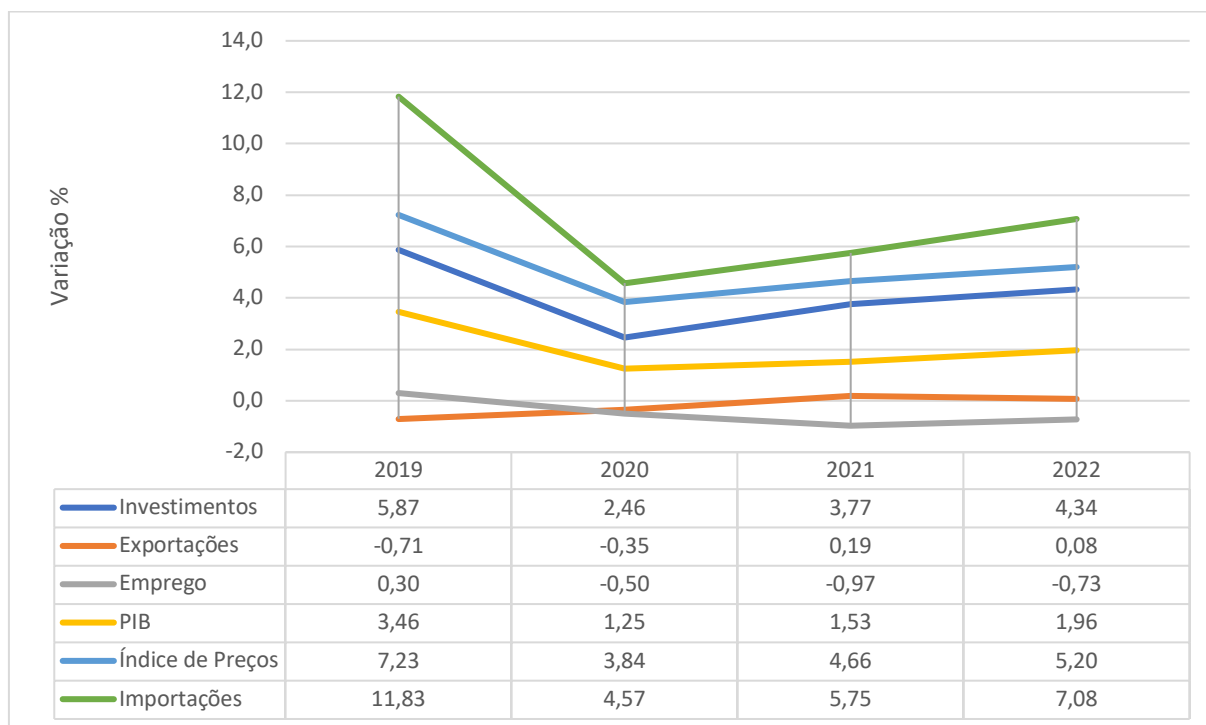
Ao longo do período, de acordo com o Gráfico 2, as transferências teriam sustentado investimentos sobre a economia de Brumadinho, em 4,34% no acumulado. A exportações reverteram uma trajetória negativa e tiveram crescimento de 0,08% no intervalo considerado. Ambos resultados sugerem a importância das transferências sobre a solidez da aceleração econômica observada ao longo do tempo na cidade.

Apesar do resultado positivo, a exportações têm o menor desvio acumulado entre os indicadores, o que pode ser explicado pelo forte crescimento do índice de preços, cuja evolução foi de 5,20% entre 2019 e 2022. O aumento de preços leva à queda das exportações, dado que o modelo trabalha com curvas de demanda negativamente inclinadas. O aumento das importações, por sua vez, responde ao forte aquecimento da demanda local com o crescimento do consumo das famílias.

O crescimento do índice de preços é um efeito amplamente citado pela literatura que foi pouco observado em outros programas similares. O tamanho do programa de transferência de renda em Brumadinho é determinante para este resultado, que foi ainda mais significativo no primeiro ano de auxílio, com impacto de 7,23% em 2019. Individualmente, o setor que mais contribui

para o aumento do índice de preços foi o de aluguel imputado<sup>8</sup> (4,54% acumulados até 2022), seguido por serviços de alimentação (0,53%).

Gráfico 3: Impacto das transferências sobre indicadores econômicos em Brumadinho-MG entre 2019 e 2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base)



Fonte: elaboração própria

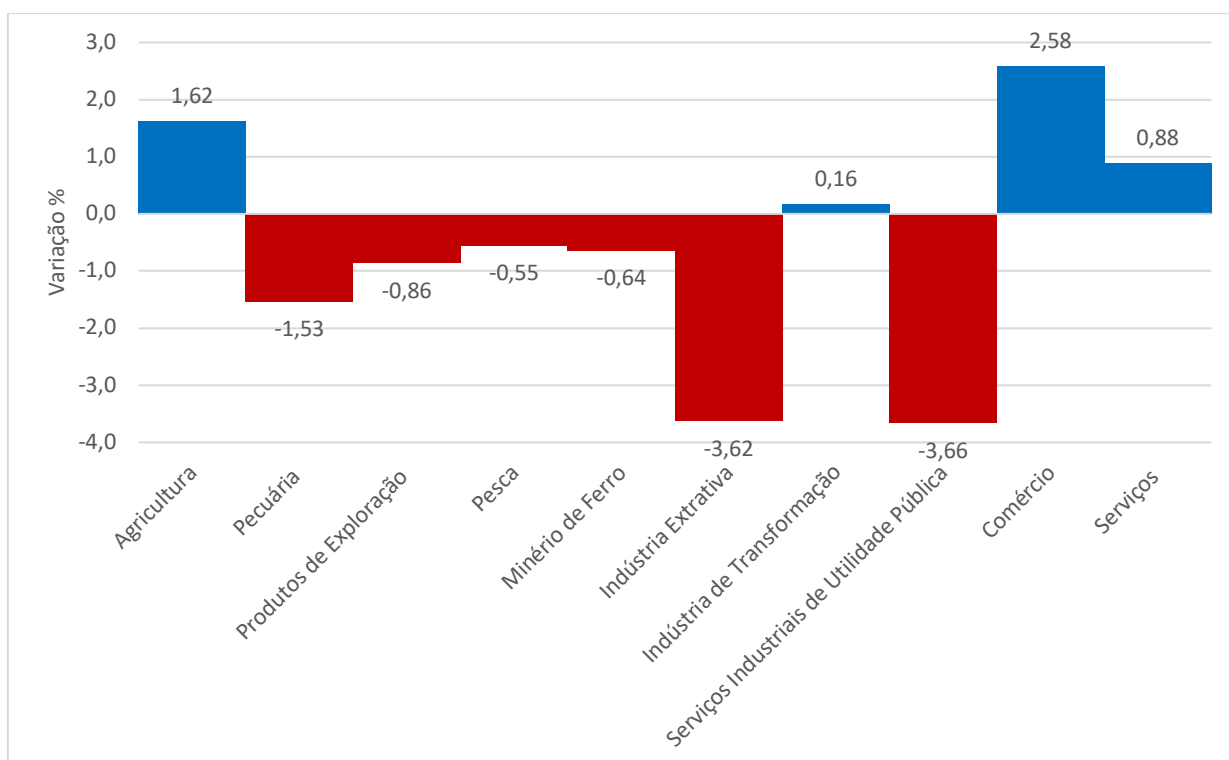
Os números apontam variação negativa no emprego de -0,73% acumulada em 4 anos, o que parece contraintuitivo dado que as transferências de renda tendem a criar um ciclo virtuoso de geração de empregos e renda a partir do estímulo ao consumo das famílias. É importante esclarecer, porém, que o modelo IMAGEM-Brumadinho considera o emprego regional endógeno, onde a migração acontece a partir do diferencial de salários regionais. Assim, uma região que reduz sua participação no mercado de trabalho o faz em detrimento do aumento do emprego em outras localidades. Além disso, o emprego responde ao nível de atividade setorial, cujo impacto da produção no emprego será menor quanto maior o caráter capital intensivo do setor (SIMONATO, 2023).

Dito isso, os maiores desvio setoriais positivos acumulados em relação ao cenário base seriam dos setores de trabalho intensivo, como comércio (2,58%), agricultura (1,62%) e serviços

<sup>8</sup> O Sistema de Contas Nacionais (SNC) separa o aluguel de imóveis entre aluguel efetivo e aluguel imputado. O aluguel imputado é a estimativa do quanto um ocupante pagaria de aluguel em um imóvel próprio. Para mais informações, consultar IBGE (2015).

(0,88%), descritos no Gráfico 4. Destes, os subsetores com maiores crescimentos foram: serviços de alimentação (18,26%), que incluem restaurantes, lanchonetes, bares, serviços ambulantes de alimentação e buffet; organizações patronais, sindicais e outros serviços associativos (13,33%); transporte terrestre de passageiros (10,27%); educação privada (7,29%) e outros produtos alimentares (7,29%), que incluem panificadoras, massas alimentícias etc.

Gráfico 4: Impacto setorial das transferências de renda em Brumadinho-MG, 2019-2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base)



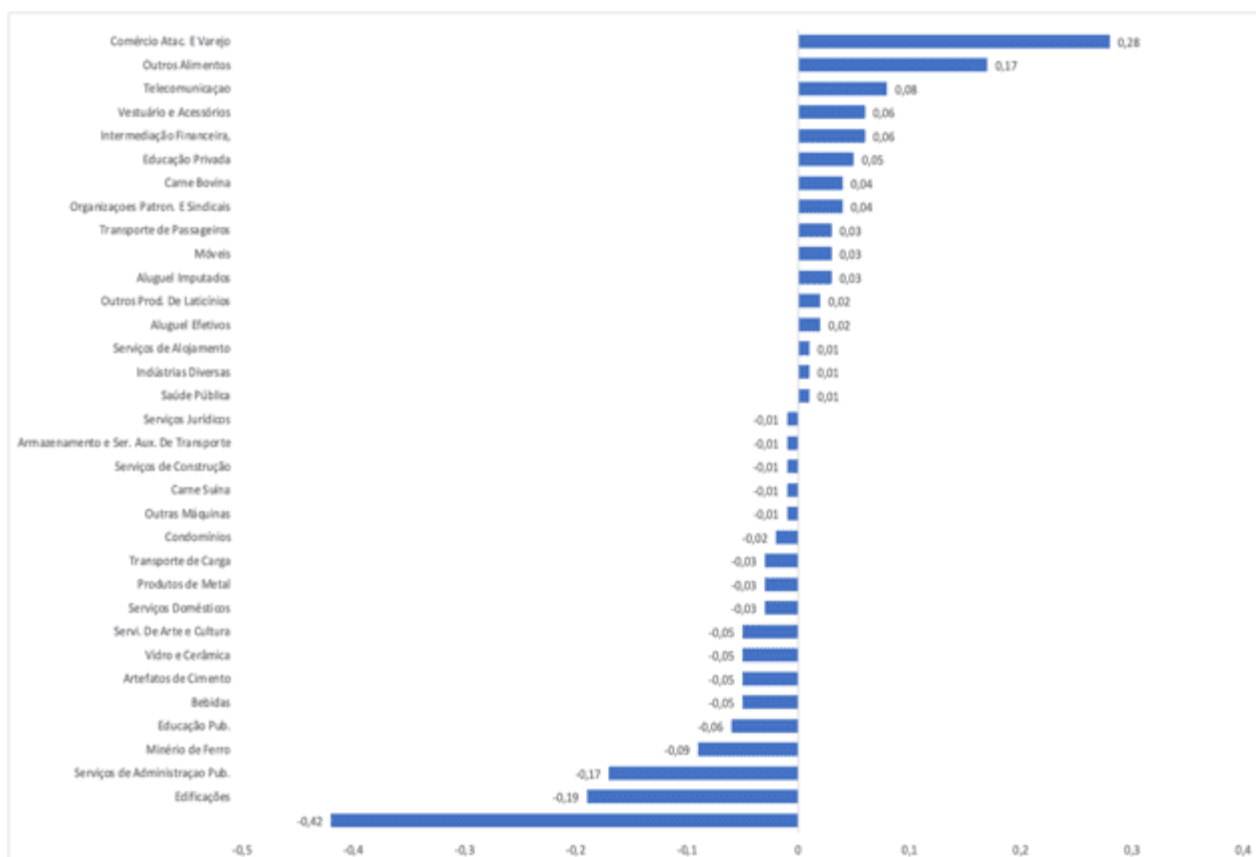
Fonte: elaboração própria

Em contrapartida, os maiores desvios negativos seriam em serviços de utilidade pública (-3,66%), indústria extrativa (-3,62%) e pecuária (-1,53%). A exploração de minério de ferro e a indústria extrativa têm grande representatividade no mercado de trabalho na cidade, apesar do caráter capital intensivo destas atividades. A redução de ambos, em razão, sobretudo, da queda das exportações, teria contribuído para o efeito negativo sobre os empregos.

Tais resultados foram identificados em outros estudos, que previam aumento da oferta e demanda de bens de consumo e serviços, sobretudo consumo de alimentos, roupas, móveis, serviços de saúde, entre outros, conforme demonstrado no Gráfico 5. Ainda, a literatura identifica maior investimento em atividades agrícolas e abertura de pequenos estabelecimento comerciais (BASTAGLI *et al.*, 2016). Fica evidente também o peso dos alimentos na cesta de

consumo das famílias no geral, embora o Auxílio Emergencial/PTR não tivesse como critério atingidos de baixa renda. Além do crescimento do setor de serviços, o gasto em alimentação também pode ser relacionado ao crescimento do comércio, agricultura e indústria de transformação.

Gráfico 5: Contribuição setorial na composição do PIB de Brumadinho em termos da variação percentual acumulada, 2019-2022



Fonte: elaboração própria

A próxima seção apresenta os resultados para as demais regiões do modelo. Serão explorados os 19 municípios considerados no processo de regionalização, excluindo o restante de Minas Gerais e do Brasil devido à pequena representatividade dos resultados.

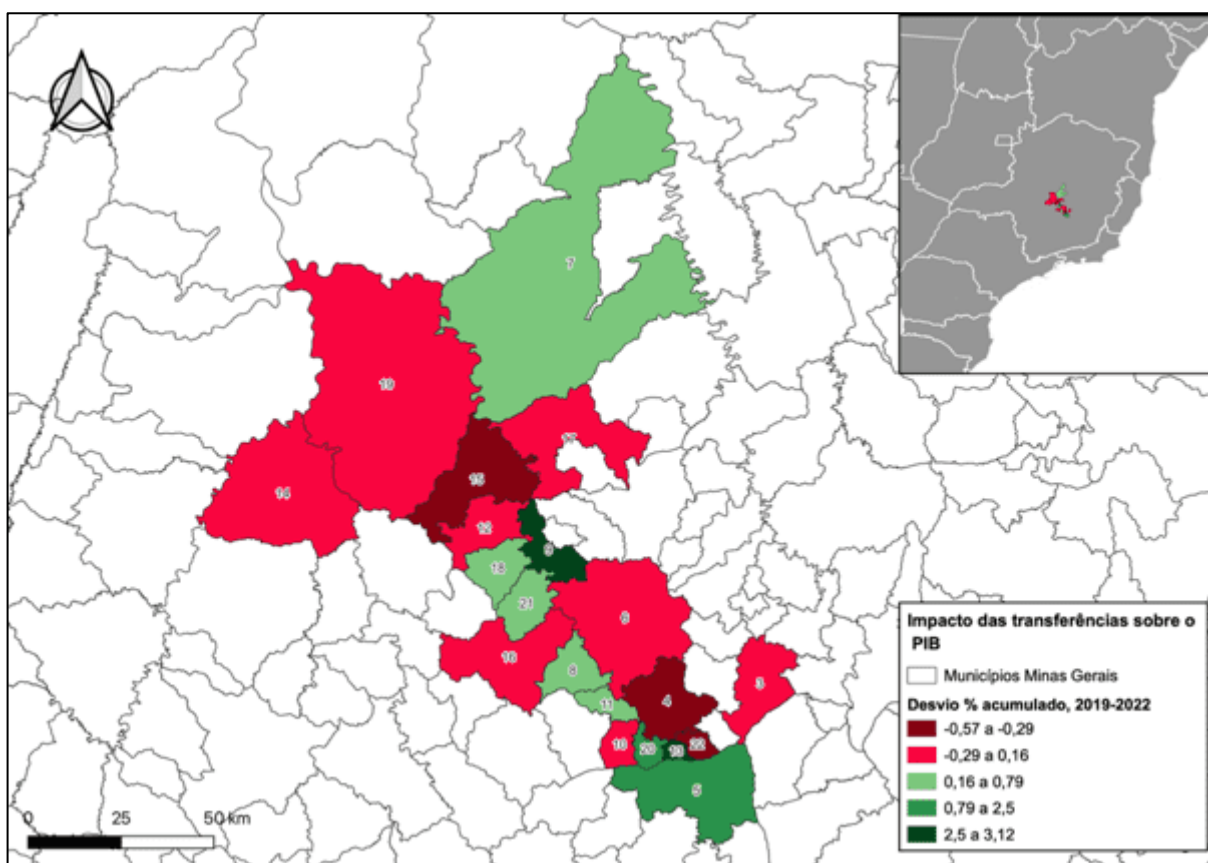
#### 4.2.2 Demais Regiões

O impacto das transferências sobre o PIB dos municípios considerados no modelo (Figura 8) é bastante diverso. As cidades com maiores desvios acumulados do PIB entre 2019 e 2022 foram: Fortuna de Minas (3,12%), Mário Campos (2,93%) e São Joaquim de Bicas (2,50%). Assim, as transferências teriam contribuído para sustentar um crescimento do PIB nestes municípios em

relação a um cenário em que não ocorreram. Estes municípios, em conjunto com Brumadinho (1,96%) e Juatuba (0,46%), foram os que receberam os maiores choques no primeiro ano de simulação. Este resultado sublinha o maior peso do auxílio sobre o consumo das famílias nestes municípios.

As simulações também mostram municípios afetados negativamente, muito em razão de efeitos competitivos entre as regiões: Betim (-0,57%), Sarzedo (-0,47%) e Papagaios (-0,29%), onde Sarzedo não recebeu recursos do Auxílio Emergencial/PTR.

Figura 8: Impacto das transferências de renda sobre o PIB nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)



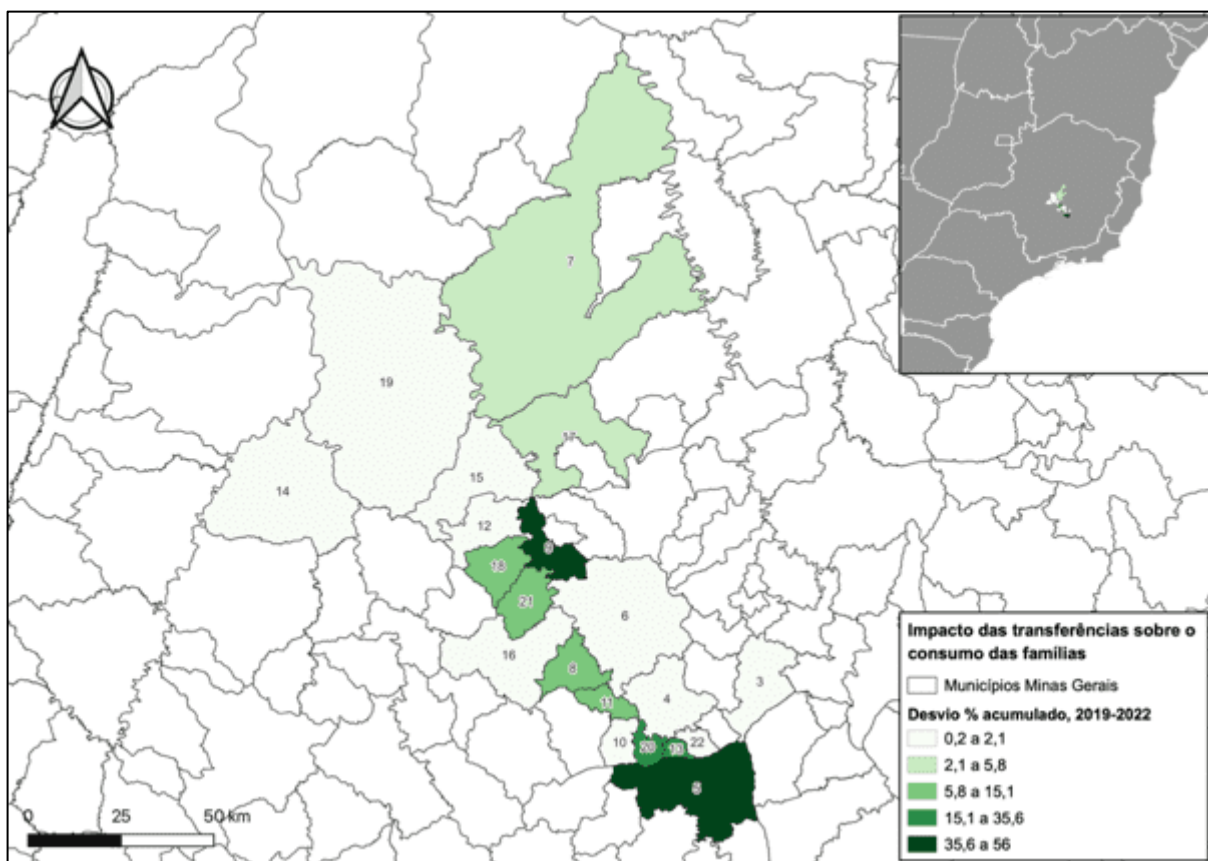
Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Em relação aos componentes do PIB, o consumo das famílias (Figura 9) teria sido impactado positivamente em toda as regiões, com destaques para Brumadinho (56,01%), Fortuna de Minas (51,74%), Mário Campos (35,65%) e São Joaquim de Bicas (25,49%). Observa-se que, mesmo

entre os municípios que não receberam choques – Belo Horizonte, Sarzedo e Martinho Campos -, os resultados encontrados foram positivos, o que indica o transbordamento dos efeitos da política sobre as regiões não beneficiadas pelas transferências, via efeitos de comércio inter-regional.

Figura 9: Impacto das transferências de renda sobre o consumo das famílias nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

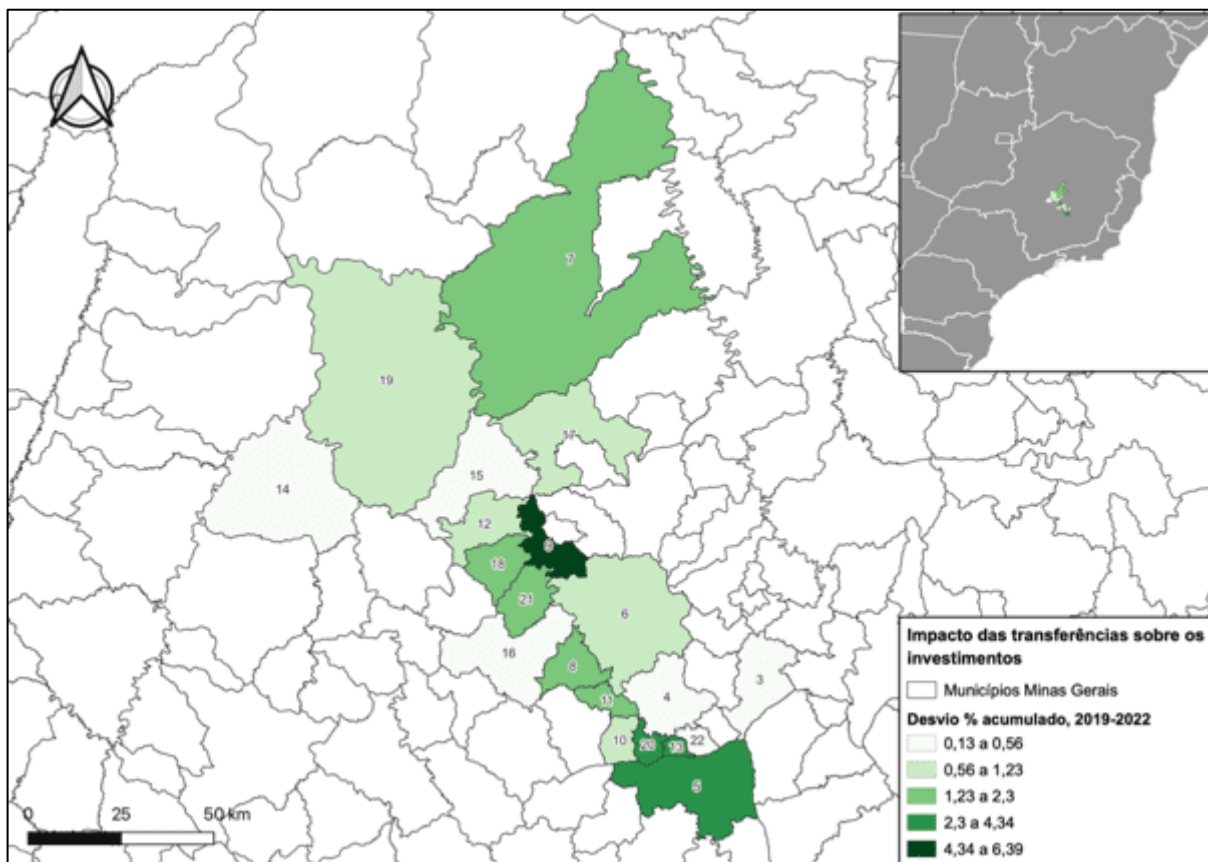


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Os investimentos (Figura 10) também demonstraram resposta positiva e significativa às transferências. Novamente, os destaques foram Fortuna de Minas (6,39%), Brumadinho (4,34%), Mário Campos (4,22%) e São Joaquim de Bicas (3,63%).

Figura 10: Impacto das transferências de renda sobre os investimentos nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

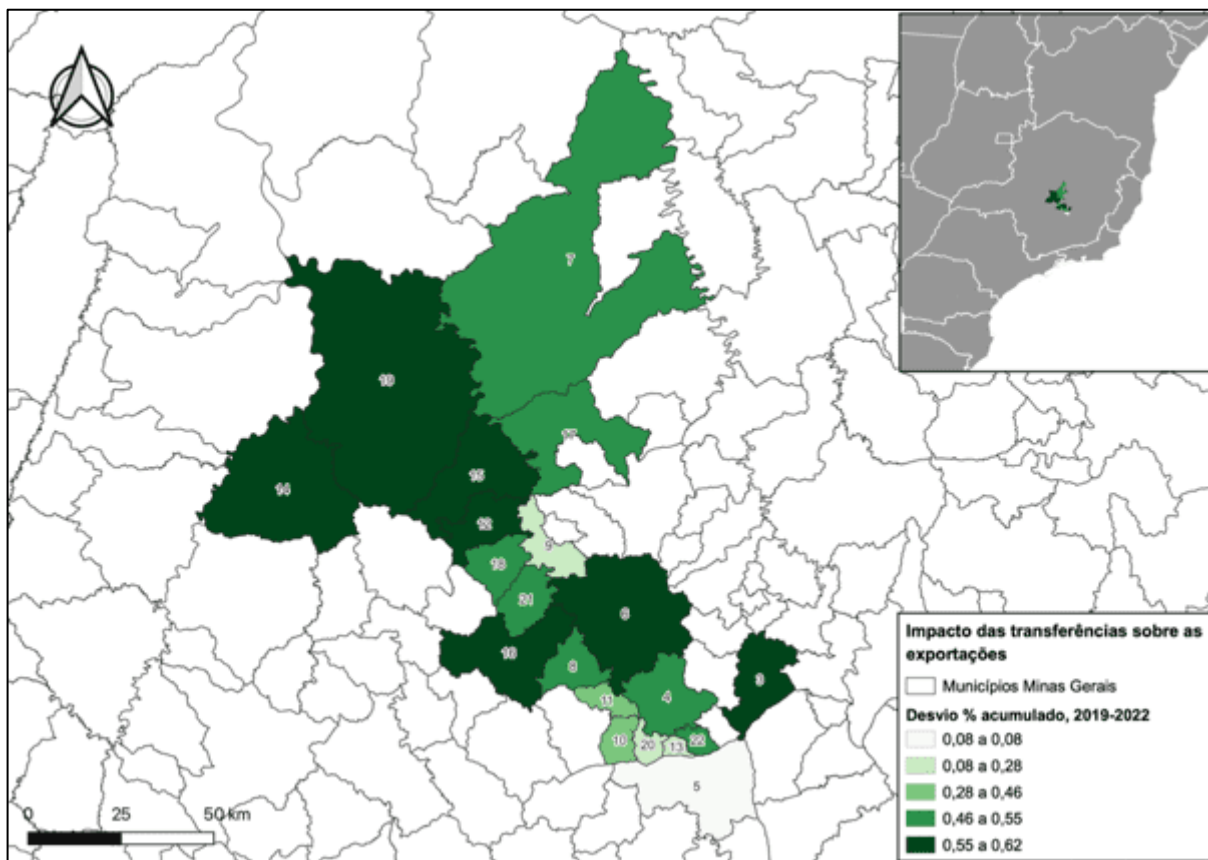


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Similarmente, as projeções apontam que as exportações (Figura 11) aumentaram de forma generalizada nas regiões do modelo, embora com menor magnitude. Os maiores desvios foram Martinho Campos (0,62%), Papagaios (0,60%) e Pompeu (0,59%). Os menores desvios foram em Brumadinho (0,08%), São Joaquim de Bicas (0,25%), Fortuna de Minas (0,26%) e Mário Campos (0,28%).

Figura 11: Impacto das transferências de renda sobre as exportações nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

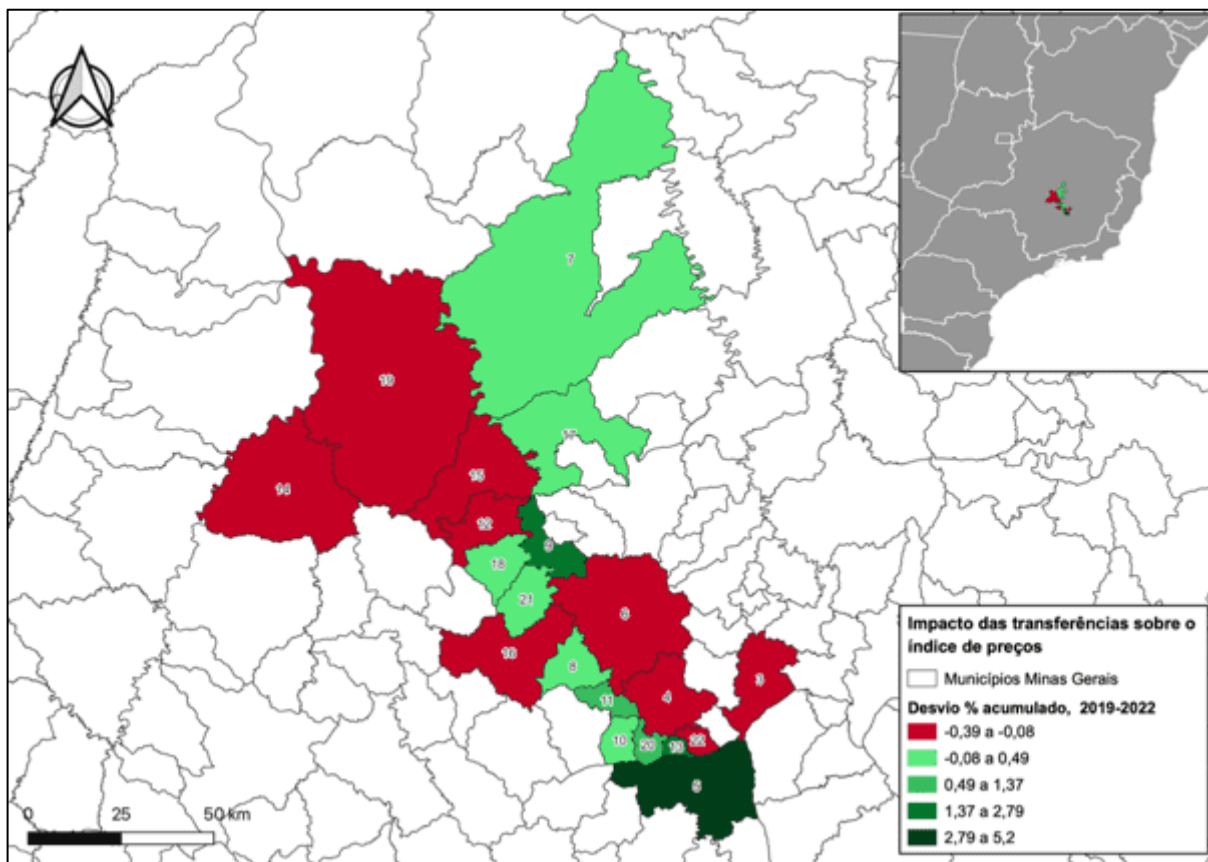


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Parte do desempenho das exportações pode ser explicado pelo aumento do índice de preços (Figura 12) em Brumadinho (5,28%), Fortuna de Minas (4,92%), Mário Campos (3,65%) e São Joaquim de Bicas (2,61%), já que o modelo trabalha com curvas de demanda negativamente inclinadas ao preço doméstico. Da mesma forma como ocorreu em Brumadinho, as transferências foram determinantes no crescimento do índice de preços nas demais regiões do modelo. Em contrapartida, Martinho Campos (-0,45%), Belo Horizonte (-0,32%) e Pará de Minas (-0,30%) tiveram menor desvio acumulado nos preços, que engendra maior impacto positivo sobre as exportações. Apesar do resultado positivo, porém, as exportações não foram muito afetadas pelas transferências. Isto também pode ser efeito do aumento do consumo regional, onde as exportações caem para atender o aumento da demanda.

Figura 12: Impacto das transferências de renda sobre o índice de preços nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

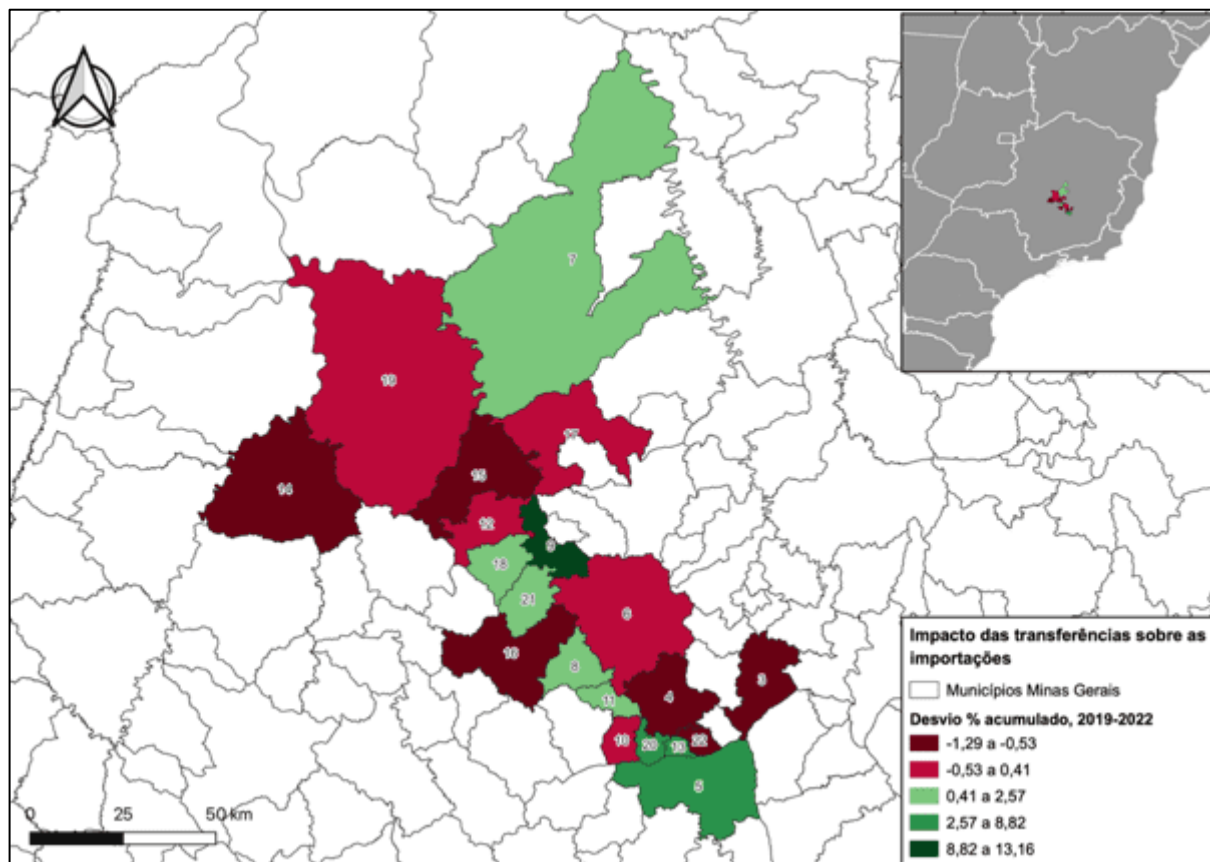


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Por fim, as importações (Figura 13) foram destaque em Fortuna de Minas (13,16%), Mário Campos (8,82%), Brumadinho (7,08%) e São Joaquim de Bicas (5,36%), em resposta direta ao crescimento significativo da demanda das famílias nestas regiões. Os menores desvios situam-se em Betim (-1,29%), Sarzedo (-1,16%) e Pará de Minas (-0,95%).

Figura 13: Impacto das transferências de renda sobre as importações nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)



Fonte: elaboração própria

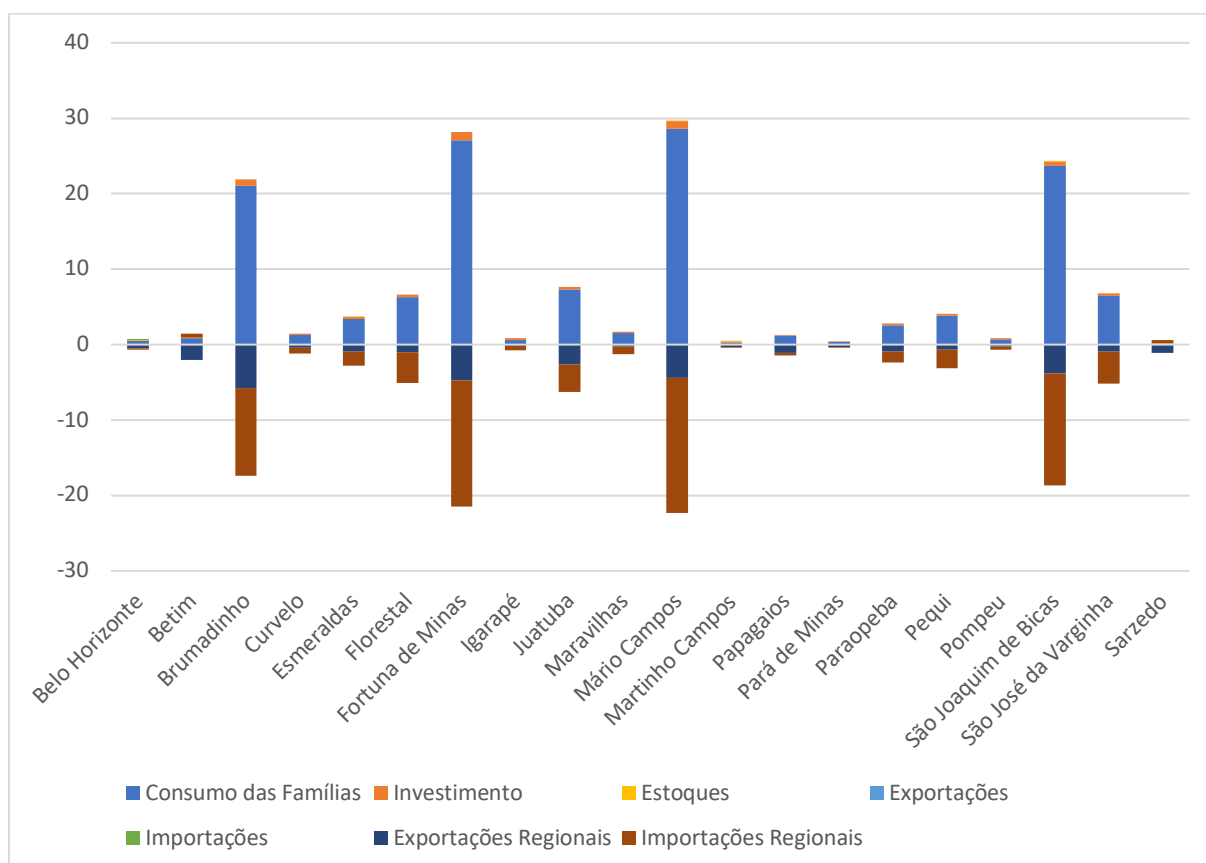
Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Desta forma, conclui-se que o principal indicador responsável pelo crescimento econômico ocasionado pelas transferências de renda foi o consumo das famílias, conforme demonstrado no Gráfico 6, que retrata a contribuição dos componentes na composição do PIB de cada região. Elas superam o papel detrator das exportações/importações regionais dos municípios que mais receberam choques, como Brumadinho, Fortuna de Minas e Mário Campos, impactadas pelo aumento da demanda das famílias e dos preços e, por conseguinte, das importações

Ademais, as transferências contribuem pouco para o PIB das regiões que não receberam choques – Belo Horizonte, Sarzedo e Martinho Campos -, embora o indicador apresente desvios negativos marginais nestas cidades. Isto porque o aumento das importações impacta mais negativamente o PIB destas regiões, que não foi compensado com o aumento do consumo

causado indiretamente pelas transferências. Além disso, o aumento do investimento é pequeno nestas regiões.

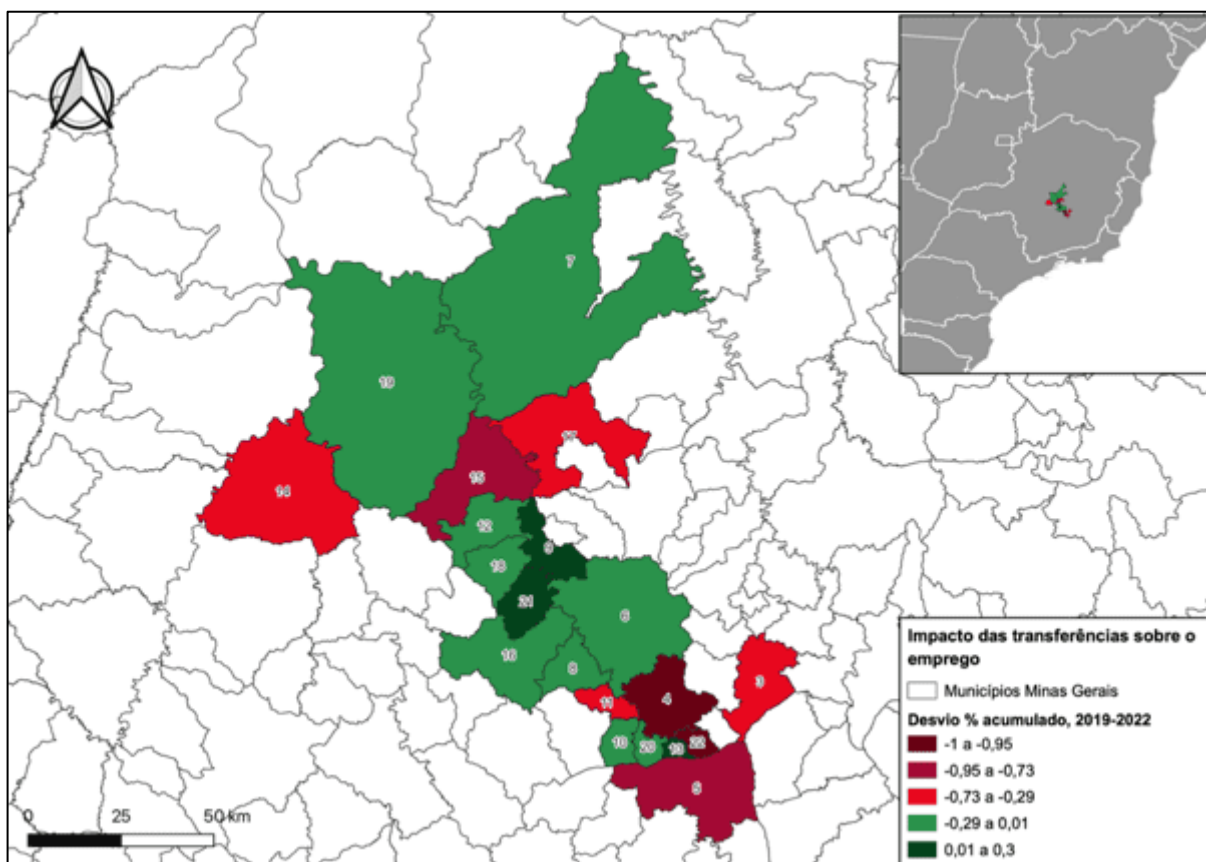
Gráfico 6: Contribuição dos componentes na composição do PIB das regiões consideradas pelo Modelo IMAGEM-Brumadinho, 2019-2022



Fonte: elaboração própria

A repercussão do aumento do consumo e investimento sobre emprego é bastante heterogênea e depende da composição setorial de cada município. Assim, em relação ao emprego (Figura 14), os maiores desvios encontram-se em Mário Campos (0,30%), São José de Varginha (0,12%) e Fortuna de Minas (0,08%). Os piores impactos, por outro lado, foram em Betim (-1,0%), Sarzedo (-0,95%) e Papagaios (-0,81%). Diferentemente do que ocorreu em Brumadinho, as cidades que receberam os maiores choques responderam positivamente ao aumento da demanda das famílias e dos investimentos, que se traduziu em criação de empregos, embora timidamente. Nestes casos, a estrutura produtiva destas cidades se apoia, em sua maioria, em atividades intensivas em trabalho, como comércio e serviços (que inclui administração pública).

Figura 14: Impacto das transferências de renda sobre o emprego nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

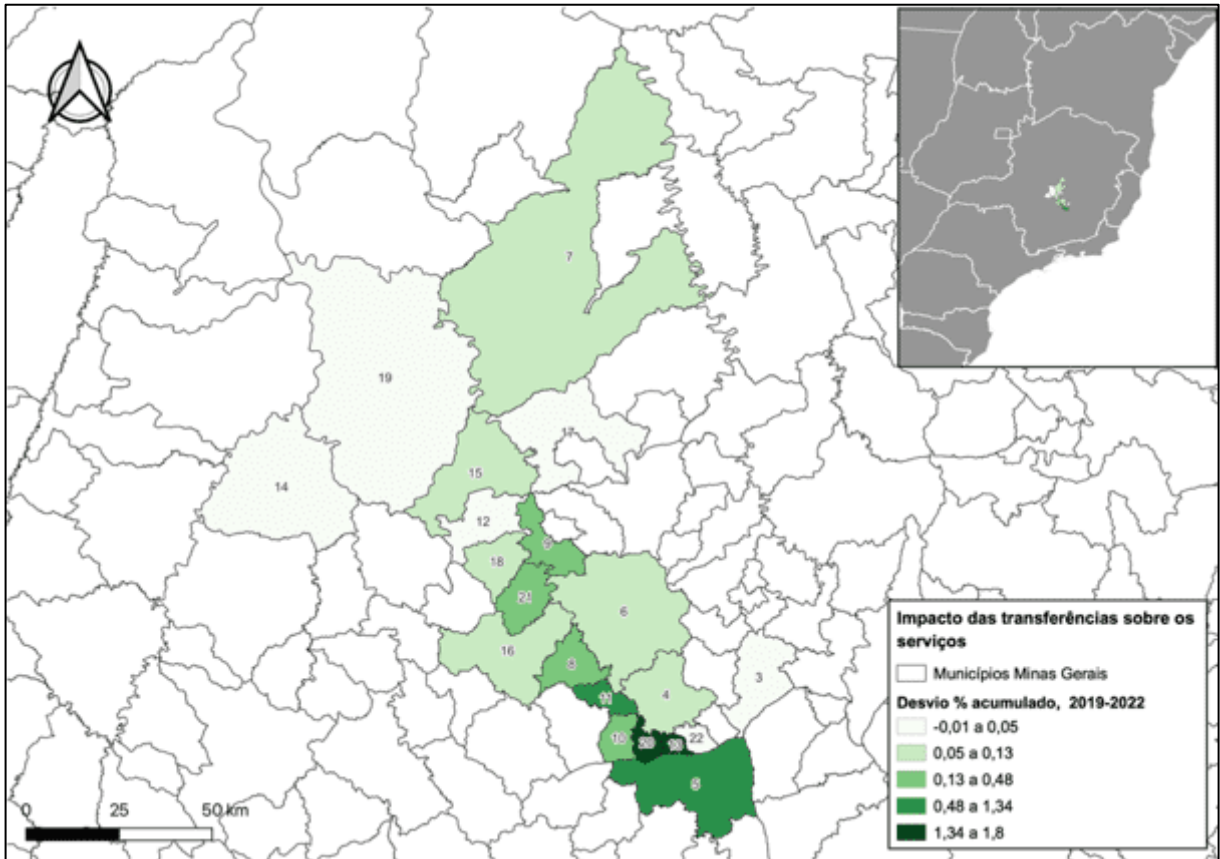


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

No geral, regiões com maior participação das atividades intensivas em trabalho respondem melhor aos choques das transferências, dado que a população direciona o consumo para bens e serviços, em razão da composição de compras das famílias. Assim, os resultados indicam que serviços (Figura 15) cresceram na maior parte das regiões, sendo os maiores desvios em São Joaquim de Bicas (1,80%), Mário Campos (1,67%) e Juatuba (1,34%). Os menores, por sua vez, estão em Belo Horizonte, Martinho Campos e Paraopeba, todos com pequena queda de 0,01%.

Figura 15: Impacto das transferências de renda sobre os serviços nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

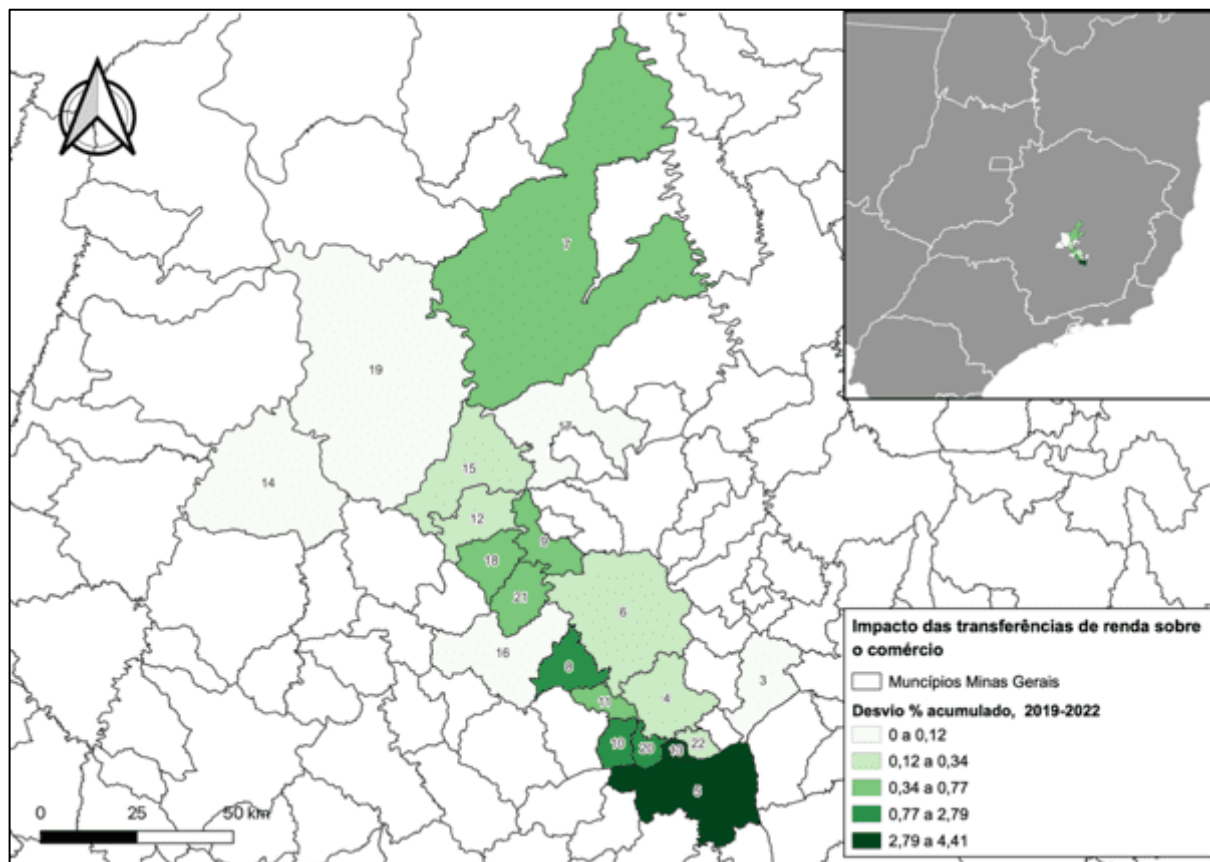


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

De maneira similar, o comércio (Figura 16) aparece com maiores impactos em Mário Campos (4,41%), Brumadinho (4,02%), São Joaquim de Bicas (2,79%) e Florestal (1,00%). Os menores foram em Belo Horizonte (0,00%), Martinho Campos (0,03%) e Paraopeba (0,11%).

Figura 16: Impacto das transferências de renda sobre o comércio nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

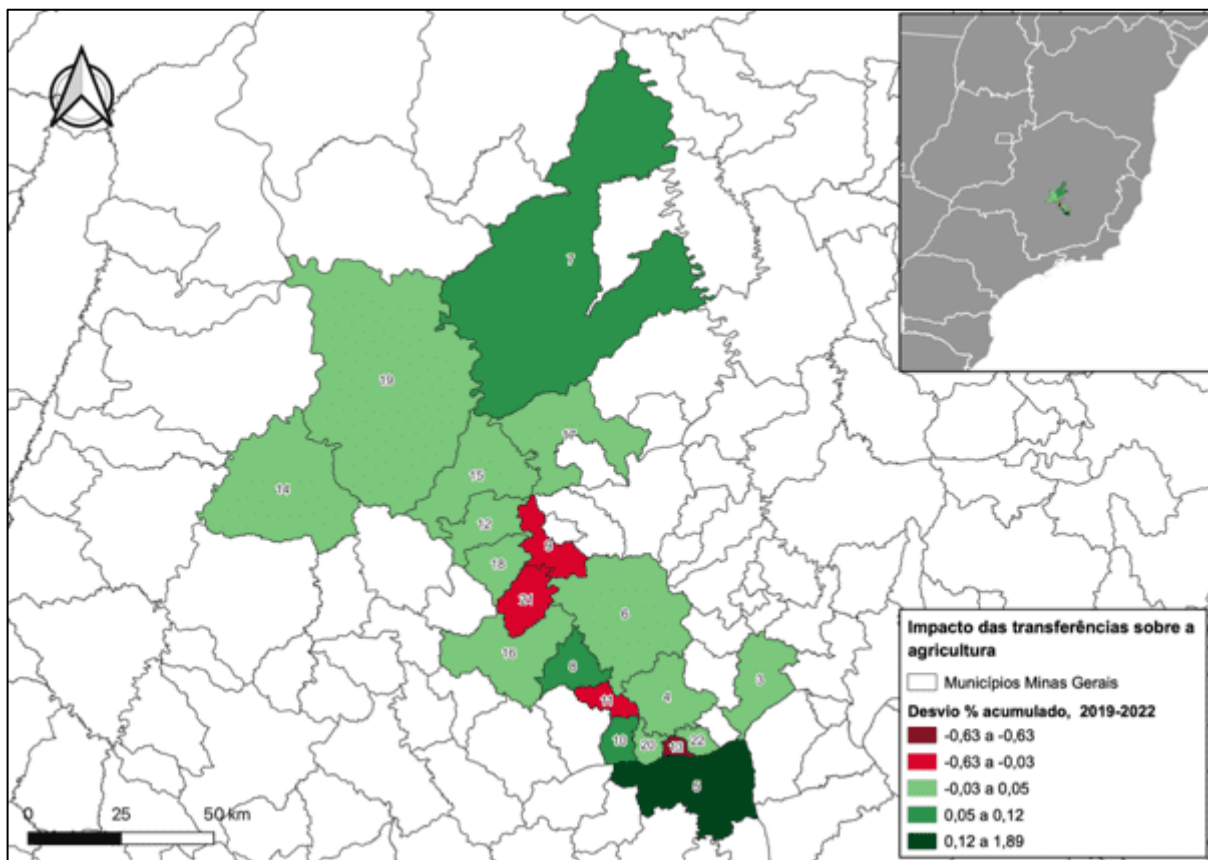


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

A agricultura (Figura 17) apresentou comportamento mais diverso. As simulações mostram maiores impactos em Brumadinho (1,89%), Florestal (0,12%), Curvelo (0,11%) e Igarapé (0,10%), notadamente via estímulo de compras das famílias e repercussões intersetoriais. Por outro lado, Mário Campos (-0,63%), Fortuna de Minas (-0,07%) e Juatuba (-0,04%) demonstraram impactos negativos sobre o setor, associado a efeitos competitivos comerciais inter-regionais.

Figura 17: Impacto das transferências de renda sobre a agricultura nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

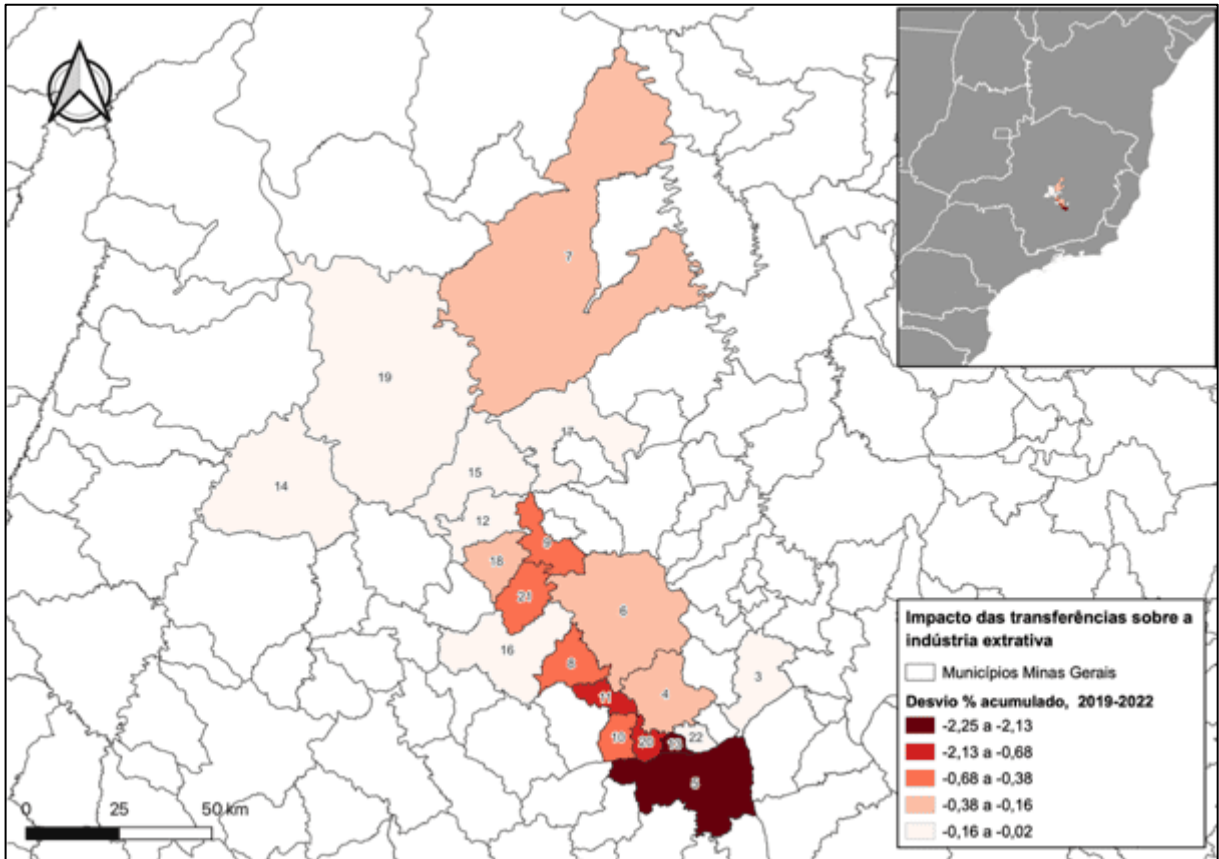


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Em relação à mineração (Figura 18) e indústria extrativa (Figura 19), ambas foram negativamente impactadas em todas as regiões. Na indústria extrativa, os maiores desvios foram sentidos em Brumadinho (-2,25%), Mário Campos (2,13%), São Joaquim de Bicas (-0,85%) e Juatuba (-0,68%). O mesmo acontece para a extração de minério de ferro: Brumadinho (-0,92%), Mário Campos (-0,79%), São Joaquim de Bicas (-0,38%) e Juatuba (-0,32%) tiveram os maiores impactos negativos. Estes são setores que não são impactados diretamente pelo aumento do consumo no curto prazo, fazendo com que eles apresentem queda na demanda e nível de atividade.

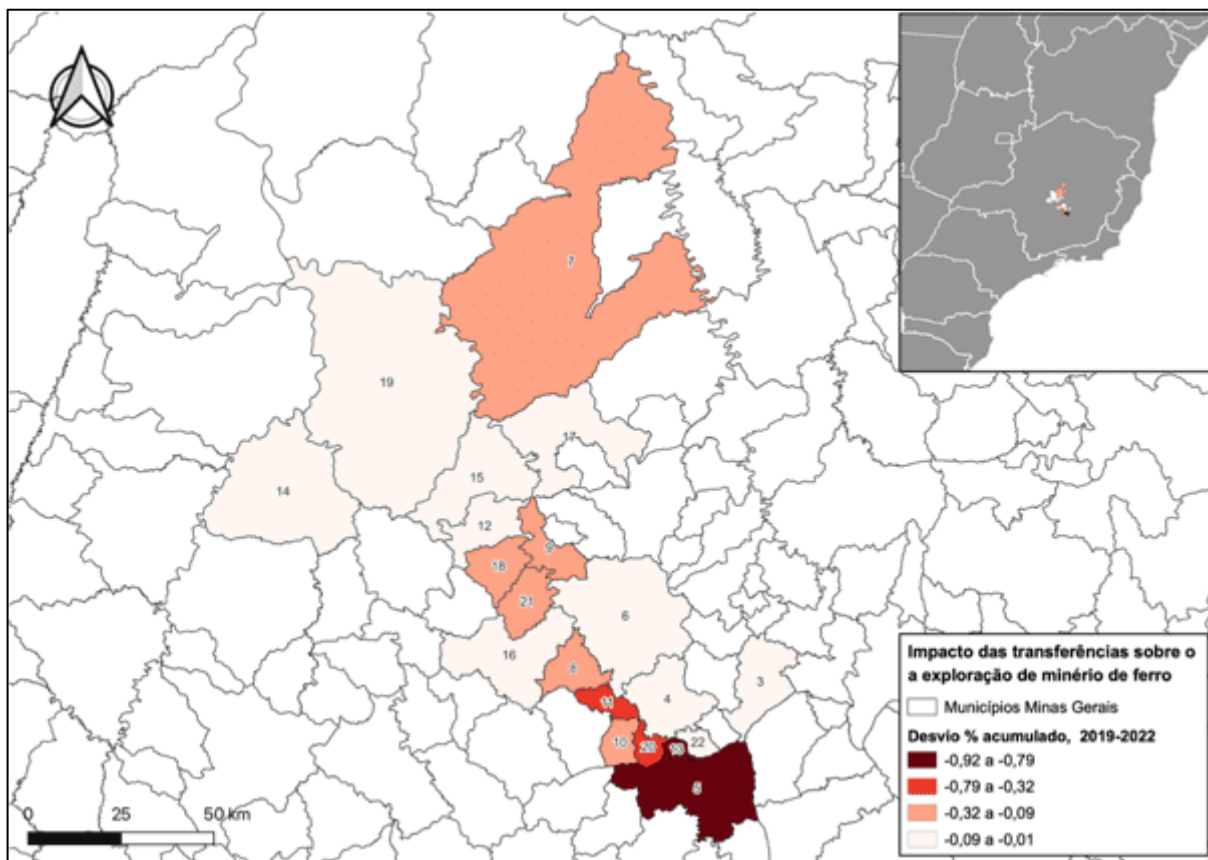
Figura 18: Impacto das transferências de renda sobre a indústria extrativa nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)



Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Figura 19: Impacto das transferências de renda sobre a extração de minério de ferro nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)

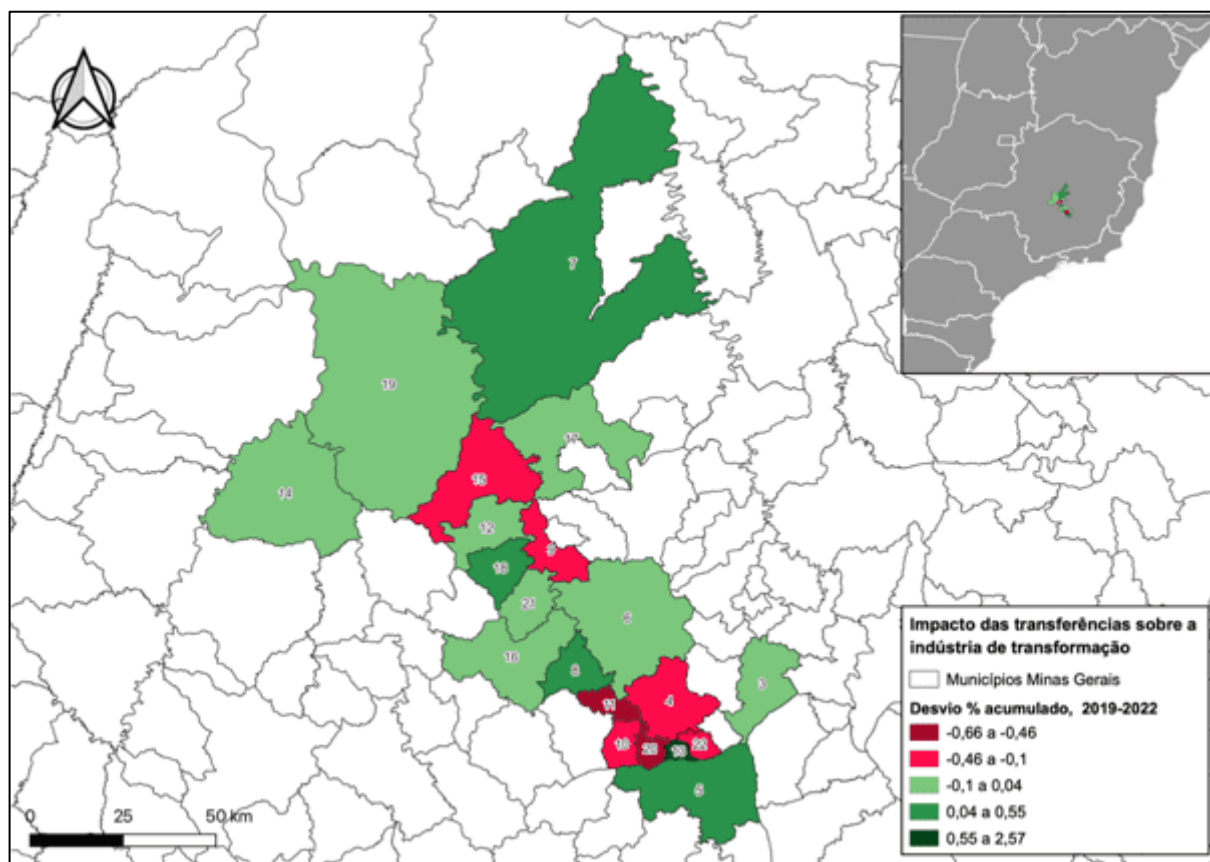


Fonte: elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

Por fim, a indústria de transformação (Figura 20) também teria sido impactada de forma heterogênea. Os municípios com maiores desvios positivos foram Mário Campos (2,57%), Florestal (0,55%), Brumadinho (0,36%) e Pequi (0,18%). Em contrapartida, os maiores desvios negativos encontram-se em Juatuba (-0,66%), São Joaquim de Bicas (-0,46%) e Igarapé (-0,21%). De modo geral, as regiões com efeitos positivos sobre comércio e serviços estende os impactos sobre a indústria de transformação, exceto por São Joaquim de Bicas. Este município possui a indústria de transformação como maior atividade econômica, que perdeu espaço comparativamente a serviços e comércio.

Figura 20: Impacto das transferências de renda sobre a indústria de transformação nas regiões do Modelo IMAGEM-Brumadinho (desvio percentual acumulado, 2019-2022)



Fonte: Elaboração própria

Municípios: 3. Belo Horizonte; 4. Betim; 5. Brumadinho; 6. Esmeraldas; 7. Curvelo; 8. Florestal; 9. Fortuna de Minas; 10. Igarapé; 11. Juatuba; 12. Maravilhas; 13. Mário Campos; 14. Martinho Campos; 15. Papagaios; 16. Pará de Minas; 17. Paraopeba; 18. Pequi; 19. Pompéu; 20. São Joaquim de Bicas; 21. São José da Varginha; 22. Sarzedo.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo almejou contribuir para a literatura dos efeitos econômicos dos programas de transferência de renda em desastres e emergências através da análise de efeitos regionais e setoriais do desastre tecnológico em Brumadinho - MG. Buscou-se quantificar os efeitos de tal estratégia de reparação por meio de um estudo aplicado para o caso da distribuição de Auxílio Emergencial/PTR em Brumadinho e região após o rompimento da barragem de Córrego do Feijão, ocorrido em 2019.

Ao longo da revisão da literatura, discutiu-se estratégias de reparação e recuperação em desastres naturais e tecnológicos, assim como seus efeitos positivos e negativos a depender do caso. As transferências de renda mostraram-se efetivas para reestabelecimento do meio de vida de pessoas atingidas por desastres, assim como promissoras para a recuperação econômica das localidades envolvidas dado o conhecido efeito multiplicador de renda. A literatura sofre, no entanto, com métodos de avaliação questionáveis e indisponibilidade de dados.

Assim, foi desenvolvido um modelo de equilíbrio geral computável, inter-regional e dinâmico, que pudesse capturar os efeitos da transferência de renda citada através de uma forte especificação em teoria econômica e de bases de dados bem construídas. O modelo IMAGEM-Brumadinho utilizado nesta dissertação é capaz de estimar efeitos sobre preços, comércio inter-regional, mobilidade de fatores etc. oriundos de choques por meio de canais de causalidade detalhados.

Como resultado, foi possível estimar as repercussões das transferências em Brumadinho e outros municípios considerando não somente o estímulo financeiro recebido, mas também sua característica espacial. A expectativa era de confirmação de hipóteses de manutenção dos meios de subsistência da população das regiões consideradas, aquecimento das economias municipais e quantificação de efeitos negativos/positivos secundários documentados na literatura, como variação de preços.

Os resultados projetam que o Auxílio Emergencial/PTR foi responsável por variação positiva no consumo das famílias em todas as regiões do modelo, com destaque para Brumadinho (+56,01%), Fortuna de Minas (+51,74%) e Mário Campos (+35,65%). Este efeito positivo foi identificado inclusive em municípios que não receberam choques diretos, i.e. Belo Horizonte, Sarzedo e Martinho Campos, demonstrando os transbordamentos dos impactos por meio de relações inter-regionais e comerciais.

Os municípios com maiores desvios em consumo apresentaram crescimento significativo das importações. Estas regiões também foram impactadas pelo aumento de preços. No geral, estima-se que regiões com grande aumento do consumo das famílias apresentaram aumento das importações, incluindo as inter-regionais, para atender ao aquecimento da demanda, além de crescimento de preços. Ademais, efeitos positivos também foram estimados para investimentos e exportações, embora em menor magnitude, a depender do aumento/queda dos preços na região.

O impacto das transferências sobre o PIB das regiões é bastante heterogêneo em função dos efeitos competitivos entre os municípios, que afetam diferentemente os indicadores mencionados acima. No geral, regiões que receberam grande volume financeiro de transferências teriam apresentado resultado positivo sobre o PIB. Este resultado evidencia a importância do PTR em sustentar o crescimento econômico em meio a um cenário adverso através da manutenção do consumo da população. No município de Brumadinho, que recebeu o maior montante de transferências entre 2019 e 2022, as transferências teriam sido responsáveis por um crescimento do PIB de 1,96% em 4 anos. O maior impacto teria ocorrido em Fortuna de Minas, com desvio de 3,12%.

O emprego também tem resultados diversos a depender da composição setorial de cada cidade. Cidades que receberam maiores choques teriam maior impacto positivo sobre o emprego em resposta ao aumento do consumo das famílias e investimentos. Brumadinho, no entanto, apresentou resultado contrário, com queda de 0,73%. Isto porque seu mercado de trabalho é fortemente apoiado em atividades intensivas em capital, relativamente menos beneficiadas pelas transferências.

Ainda em relação à atividade setorial, as transferências teriam tido repercussão positiva sobre serviços e comércio, dado que a população direciona os recursos recebidos para o consumo de bens e serviços. Os resultados sobre os outros setores dependem de relações intersetoriais, efeitos competitivos inter-regionais e composição setorial dos municípios. Setores como extração de minério de ferro e indústria extrativa seriam negativamente impactados pelo PTR pela queda de demanda e nível de atividade. Os resultados positivos sobre comércio e serviços podem se estender à indústria de transformação, como aconteceu em boa parte das regiões.

Desta forma, o Auxílio Emergencial/PTR ocorrido ao longo da bacia do rio Paraopeba tiveram potencial de manter um ciclo de consumo e manutenção do nível de atividades, como indicam

os resultados acumulados obtidos em quatro anos de transferências. O impulso sobre consumo pode provocar efeitos sistêmicos, capaz de sustentar o crescimento econômico das regiões em meio a um desastre com consequências sérias que se estendem no longo prazo.

Embora o estudo se concentre apenas no horizonte de curto prazo, as repercussões negativas identificadas, como aumento de preços e queda de emprego, demonstram a necessidade de coordenação de diferentes formas de reparação. Através da diversificação das atividades econômicas dos municípios, a fim de que a mínero-dependência da região seja reduzida, os impactos negativos poderiam ser minimizados e os efeitos positivos estendidos. As transferências têm, portanto, papel limitado sobre a recuperação de áreas atingidas por desastres e não devem ser pensadas de forma isolada. Importante destacar também que o prazo previsto para fim das transferências é 2026 e, sem modificações estruturais nas economias das regiões consideradas, o efeito positivo sobre consumo das famílias pode ser revertido. Logo, é necessário considerar a dependência formada em torno deste tipo de política ao iniciar e encerrar esta e outros tipos de reparação similares.

Por fim, é de suma importância lembrar o aspecto social das transferências de renda. Embora fora do escopo deste trabalho, há diversos impactos negativos e positivos que não podem ser mensurados através de modelos econômicos e que, no entanto, são inerentes a este contexto. Através da literatura, destaca-se a liberdade da população beneficiada em escolher melhores empregos, investimento em educação, formação de poupança etc. Da parte negativa, destaca-se aumento de trânsito, poluição, barulho, migração, além de uma série de embates sociais entre os agentes envolvidos. Assim, as agendas de pesquisa neste assunto devem considerar reparações multidimensionais, como também são os desastres tecnológicos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, L. *Learning from cash responses to the tsunami: final report*. 2007
- ADAMS, L.; KEBEDE, E. *Breaking the Poverty Cycle? Cash Distribution and Safety Nets in Ethiopia*. Humanitarian Policy Group. Overseas Development Institute, 2005.
- AEDAS; NACAB; INSTITUTO GUAICUY. *RELATÓRIO CONJUNTO DAS ASSESSORIAS TÉCNICAS INDEPENDENTES*. 18 dez. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. *Observatório da CFEM*. Disponível em: <<https://geo.anm.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=c92683edf03e46148454150021c4eecb>>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- AHMAD, M. I.; MA, H. An investigation of the targeting and allocation of post-flood disaster aid for rehabilitation in Punjab, Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 44, p. 101402, abr. 2020.
- AKER, J. C. *et al.* Zap it to me: The short-term impacts of a mobile cash transfer program. *Center for Global Development working paper*, n. 268, 2011.
- ANDERSON, M.; GERBER, M. Introduction to humanitarian emergencies. *Health in Humanitarian Emergencies Cambridge University Press*, p. 1–8, 2018.
- ARMINGTON, P. S. A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production. *Staff Papers - International Monetary Fund*, v. 16, n. 1, p. 159, mar. 1969.
- ARNOLD, C.; CONWAY, T.; GREENSLADE, M. Cash transfers: Evidence paper. *London: Department for International Development*, 2011.
- ARROW, K. J.; DEBREU, G. Existence of an Equilibrium for Competitive Economy. *Econometrica*, v. 22, jul. 1959.
- ASPIN, M. *Inter-Agency Impact Assessment of the Cash Transfer Programs in West Sumatra*. 2010
- BAILEY, S.; SAVAGE, K.; O'CALLAGHAN, S. Cash transfers in emergencies: A synthesis of World Vision's experience and learning. *A report commissioned by World Vision International*, 2008.
- BARRIENTOS, A.; SABATES-WHEELER, R. *Do transfers generate local economy effects?* Manchester: Brooks World Poverty Institute, University of Manchester, 2009.
- BARRIENTOS, A.; SCOTT, J. Social Transfers and Growth: A Review. *SSRN Electronic Journal*, 2008. Disponível em: <<http://www.ssrn.com/abstract=1538926>>. Acesso em: 8 abr. 2023.
- BASTAGLI, F. *et al.* Cash transfers: what does the evidence say. *A rigorous review of programme impact and the role of design and implementation features*. London: ODI, v. 1, n. 7, 2016.
- BAUER, J.-M.; SANDSTROM, S.; AUDI, H. Economic Impact Study: Direct and Indirect Effects of the WFP Value-Based Food Voucher Program in Lebanon. *World Food Programme, Beirut*, 2014.
- BECERRA, O.; CAVALLO, E.; NOY, I. Foreign Aid in the Aftermath of Large Natural Disasters: Aid After Disasters. *Review of Development Economics*, v. 18, n. 3, p. 445–460, ago. 2014.

BERKE, P. R.; KARTEZ, J.; WENGER, D. Recovery after Disaster: Achieving Sustainable Development, Mitigation and Equity. *Disasters*, v. 17, n. 2, p. 93–109, jun. 1993.

BOARETTO, M. *et al.* The Stava Valley Tailings Dams Disaster: A Reference Point for the Prevention of Severe Mine Incidents. *Journal of Environmental Science and Engineering B*, v. 7, n. 6, 28 jun. 2018. Disponível em: <<http://www.davidpublisher.org/index.php/Home/Article/index?id=38085.html>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

BRADSHAW, S. *Handbook for estimating the socio-economic and environmental effects of disasters*. United Nations, ECLAC & International Bank for Reconstruction & Development ...., 2003

BRANDSTETTER, R. H. *EVALUATION OF OFDA CASH FOR RELIEF INTERVENTION IN ETHIOPIA*. Washington, DC: USAID/OFDA, 2004.

BRITO, F.; SOUZA, J. DE. Expansão urbana nas grandes metrópoles: o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. *São Paulo em Perspectiva*, v. 19, n. 4, p. 48–63, dez. 2005.

BRÜCK, T. *et al.* Social Protection in Contexts of Fragility and Forced Displacement: Introduction to a Special Issue. *The Journal of Development Studies*, v. 55, n. sup1, p. 1–6, 13 dez. 2019.

BRUNSMAN, D. L.; OVERFELT, D.; PICOU, J. S. (Org.). *The sociology of Katrina: perspectives on a modern catastrophe*. 2nd ed Lanham, Md: Rowman & Littlefield Publishers, 2010.

CAMBRIDGE, M.; SHAW, D. Preliminary reflections on the failure of the Brumadinho tailings dam in January 2019. *Dams and Reservoirs*, v. 29, n. 3, p. 113–123, set. 2019.

CAMPOS, F. C. *et al.* Chronic respiratory diseases and respiratory symptoms after a mining dam rupture: Brumadinho Health Project. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 25, n. suppl 2, p. e220009, 2022.

CANOFRE, F. Pagamento de salário pela Vale altera rotina e comércio em Brumadinho. *Folha de São Paulo*, 10 jun. 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/06/pagamento-de-salario-pela-vale-altera-rotina-e-comercio-em-brumadinho.shtml>>. Acesso em: 24 jan. 2023.

CARDOSO, D. *Capital e trabalho no Brasil no século XXI: O impacto de políticas de transferência e de tributação sobre desigualdade, consumo e estrutura produtiva*. 2016. 279 f. 2016. PhD Thesis – Tese de Doutorado, Tese (Doutorado em Economia), Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

CARVALHO, D. W. The Brumadinho Dam Rupture Disaster, Brazil 2019: Analysis of the Narratives about a Disaster from the Perspective of Disaster Law. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito*, v. 12, n. 2, p. 227–238, 18 jul. 2020.

CARVALHO, T. S. *Uso do solo e desmatamento nas regiões da Amazônia legal brasileira: condicionantes econômicos e impactos de políticas públicas*. 2014. Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

CASTRO, P. DE T. A. Desastres de Mariana e Brumadinho. *Caderno de Geografia*, v. 31, n. 1, p. 196, 8 fev. 2021.

CASTRO, P. DE T. A.; NALINI, H. A. J.; DE LIMA, H. M. Entendendo a mineração no Quadrilátero Ferrífero. *Ecológico*, 2011.

- CAVALLO, E. A.; NOY, I. The economics of natural disasters: a survey. 2009.
- CENTRO DE DESENVOLVIMENTO E PLANEJAMENTO REGIONAL; UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. *DataViva*. Disponível em: <[http://dataviva.info/pt/build\\_graph/rais/4mg030002/all/all?view=Industries&graph=tree\\_map](http://dataviva.info/pt/build_graph/rais/4mg030002/all/all?view=Industries&graph=tree_map)>. Acesso em: 26 ago. 2023.
- CHANG, S. E.; MILES, S. B. The Dynamics of Recovery: A Framework. In: OKUYAMA, Y.; CHANG, S. E. (Org.). *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 181–204. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24787-6\\_10](http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24787-6_10)>. Acesso em: 11 dez. 2022.
- CHERRY, K. E. Disasters and Long-Term Recovery: Introduction to a Special Issue. *Current Psychology*, DOI: 10.1007/s12144-015-9369-z MAG ID: 1819568901 S2ID: 3f4ffa5c5d7717792b959b922306b48ebab466d5, v. 34, n. 3, p. 492–493, 19 ago. 2015.
- COCHRANE, H. Economic loss: myth and measurement. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, v. 13, n. 4, p. 290–296, 1 set. 2004.
- COELHO, T. P. Dilemas e obstáculos na economia de Brumadinho frente à minério-dependência. *Ciência e Cultura*, v. 72, n. 2, p. 29–33, abr. 2020.
- COELHO, T. P. Minério-dependência em Brumadinho e Mariana. *Lutas sociais*, v. 22, n. 41, p. 252–267, 2018.
- COUCH, S. R.; KROLL-SMITH, J. S. Controllability, social breakdown and technological disasters: the case of the centralia coal mine fire. *Natural and technological disasters: Causes, effects and preventive measures*. 1992. p. 337–49.
- CRETI, P. The impact of cash transfers on local markets. p. 29–29, 2010.
- CRETI, P.; JASPARS, S.; OXFAM GB (Org.). *Cash-transfer programming in emergencies*. Oxford, UK: Oxfam GB, 2006. (Oxfam skills and practice).
- CUNHA, J. M.; DE GIORGI, G.; JAYACHANDRAN, S. The Price Effects of Cash Versus In-Kind Transfers. *The Review of Economic Studies*, v. 86, n. 1, p. 240–281, 1 jan. 2019.
- CURY, S.; LEME, M. C. DA S. Redução da desigualdade e programas de transferência de renda: uma análise de equilíbrio geral. *Desigualdade de Renda no Brasil: uma análise da queda recente*. Brasília: IPEA, 2007. v. 2.
- DAVIES, S.; DAVEY, J. A Regional Multiplier Approach to Estimating the Impact of Cash Transfers on the Market: The Case of Cash Transfers in Rural Malawi. *Development Policy Review*, v. 26, n. 1, p. 91–111, jan. 2008.
- DEVEREUX, S. Can Social Safety Nets Reduce Chronic Poverty? *Development Policy Review*, v. 20, n. 5, p. 657–675, nov. 2002a.
- DEVEREUX, S. *et al.* Ethiopia's productive safety net programme (PSNP). *Trends in PSNP transfers within targeted households. Final report*. Sussex, UK: Institute of Development Studies and Indak International, 2006.
- DEVEREUX, S. Social protection for the poor: lessons from recent international experience. 2002b.
- DIXON, P. B. *et al.* *Orani, a multisectoral model of the Australian economy*. Amsterdam: North-Holland Pub. Co., 1982.
- DIXON, P. B.; JORGENSON, D. *Handbook of computable general equilibrium modeling*. Newnes, 2012. v. 1.

- DIXON, P. B.; PARMENTER, B. R. Computable general equilibrium modelling for policy analysis and forecasting. *Handbook of Computational Economics*. Elsevier Science B.V., 1996. v. 1.
- DO CARMO, F. F. *et al.* Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. *Perspectives in ecology and conservation*, v. 15, n. 3, p. 145–151, 2017.
- DOMINGUES, E. *et al.* *Calibragem do modelo ORANIG para os dados da matriz de insumo-produto nacional (2005)*. Belo Horizonte, MG: CEDEPLAR/UFMG, 2009.
- DOMINGUES, E. P. *Dimensão regional e setorial da integração brasileira na Área de Livre Comércio das Américas*. 2002. PhD Thesis – Universidade de São Paulo, 2002.
- DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; FARIA, W. R. Infraestrutura, crescimento e desigualdade regional: uma projeção dos impactos dos investimentos do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) em Minas Gerais. 2009.
- DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 42, n. 2, p. 229–246, 10 jun. 2016.
- DOOCY, S. *et al.* Implementing cash for work programmes in post-tsunami Aceh: experiences and lessons learned: Implementing Cash for Work Programmes in Post-Tsunami Aceh. *Disasters*, v. 30, n. 3, p. 277–296, set. 2006.
- DOOCY, S. *et al.* The Mercy Corps Cash for Work Program in Post-Tsunami Aceh. *Johns Hopkins Bloomberg, School of Public Health & MecerCorps*, 2005.
- DOOCY, S.; TAPPIS, H. Cash-based approaches in humanitarian emergencies: a systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, v. 13, n. 1, p. 1–200, jan. 2017.
- EGGER, D. *et al.* General Equilibrium Effects of Cash Transfers: Experimental Evidence From Kenya. *Econometrica*, v. 90, n. 6, p. 2603–2643, 2022.
- FARIA, W. R.; HADDAD, E. A. Estimação das elasticidades de substituição do comércio regional do Brasil. *Nova Economia*, v. 24, n. 1, p. 141–168, abr. 2014.
- FERNANDES, G. W. *et al.* Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. *Natureza & Conservação*, v. 14, n. 2, p. 35–45, jul. 2016.
- FGV. *Informações sobre o PTR*, 13 set. 2023
- FGV PTR. *Transparência*. Disponível em: <<https://ptr.fgv.br/transparencia>>. Acesso em: 31 ago. 2023.
- FILIPSKI, M. J. *et al.* Effects of treatment beyond the treated: a general equilibrium impact evaluation of Lesotho's cash grants program. *Agricultural Economics*, v. 46, n. 2, p. 227–243, mar. 2015.
- FIZBEIN, A.; SCHADY, N. *The economic rationale for conditional cash transfers*. Washington, DC: The International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank, 2009.
- FOCHEZATTO, A. Modelos de equilíbrio geral aplicados à análise de políticas fiscais: uma revisão da literatura. *Análise*, v. 16, jul. 2005.
- FREITAS, C. M.; SILVA, M. A. DA. Acidentes de trabalho que se tornam desastres: os casos dos rompimentos em barragens de mineração no Brasil. *Revista Brasileira de Medicina do Trabalho*, v. 17, n. 1, p. 21–29, 2019.

- FREUDENBURG, W. R. Contamination, Corrosion and the Social Order: An Overview. *Current Sociology*, v. 45, n. 3, p. 19–39, jul. 1997.
- FRISCH, R. A Complete Scheme for Computing All Direct and Cross Demand Elasticities in a Model with Many Sectors. *Econometrica*, v. 27, n. 2, p. 177, abr. 1959.
- FURLAN, J. P. R. *et al.* Occurrence and abundance of clinically relevant antimicrobial resistance genes in environmental samples after the Brumadinho dam disaster, Brazil. *Science of The Total Environment*, v. 726, p. 138100, jul. 2020.
- GELAN, A. Cash or Food Aid? A General Equilibrium Analysis for Ethiopia. *Development Policy Review*, v. 24, n. 5, p. 601–624, set. 2006.
- GERTLER, P. J.; MARTINEZ, S. W.; RUBIO-CODINA, M. Investing Cash Transfers to Raise Long-Term Living Standards. *American Economic Journal: Applied Economics*, v. 4, n. 1, p. 164–192, 1 jan. 2012.
- GIESECKE, J. A. *et al.* Assessment of the Regional Economic Impacts of Catastrophic Events: CGE Analysis of Resource Loss and Behavioral Effects of an RDD Attack Scenario: Regional Economic Impacts of Catastrophic Events. *Risk Analysis*, v. 32, n. 4, p. 583–600, abr. 2012.
- GILL, D. A.; RITCHIE, L. A. Contributions of Technological and Natech Disaster Research to the Social Science Disaster Paradigm. *Handbook of disaster research*. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- GOVERNO DE MINAS GERAIS. *Histórico do rompimento das barragens da Vale na Mina Córrego do Feijão*. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/historico-do-rompimento-das-barragens-da-vale-na-mina-corrego-do-feijao>>. Acesso em: 29 ago. 2023a.
- GOVERNO DE MINAS GERAIS. *Pró-Brumadinho*. Disponível em: <<https://www.mg.gov.br/pro-brumadinho/pagina/anexo-i2-programa-de-transferencia-de-renda-populacao-atingida>>. Acesso em: 31 ago. 2023b.
- GRAMLING, R.; KROGMAN, N. Communities, Policy and Chronic Technological Disasters. *Current Sociology*, v. 45, n. 3, p. 41–57, jul. 1997.
- GRIMALT, J. O. *et al.* The mine tailing accident in Aznalcollar. *Science of The Total Environment*, v. 242, n. 1, p. 3–11, 6 dez. 1999.
- GUILHOTO, J. J. M. *A model for economic planning and analysis for the brazilian economy*. 1986. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, University of Illinois, 1986.
- GUIMARÃES, R. N. *et al.* History of tailings dam failure: Impacts on access to safe water and influence on the legislative framework. *Science of The Total Environment*, p. 158536, 2022.
- HAAS, J. E.; KATES, R. W.; BOWDEN, M. J. (Org.). *Reconstruction following disaster*. Cambridge, Mass: MIT Press, 1977. (MIT Press environmental studies series).
- HARVEY, P. *Cash and vouchers in emergencies*. Humanitarian Policy Group. Overseas Development Institute, 2005.
- HARVEY, P. Cash-based Responses in Emergencies. *IDS Bulletin*, v. 38, n. 3, p. 79–81, 2007.
- HARVEY, P. Editorial: mini special issue on cash transfers: Editorial: Mini Special Issue on Cash Transfers. *Disasters*, v. 30, n. 3, p. 273–276, 2006.
- HARVEY, P.; BAILEY, S. *Cash transfer programming and the humanitarian system. Background Note for the High Level Panel on Humanitarian Cash Transfers*. Overseas Development Institute London. 2015

- HEASLIP, G.; HAAVISTO, I.; KOVÁCS, G. Cash as a Form of Relief. In: ZOBEL, C. W.; ALTAY, N.; HASELKORN, M. P. (Org.). *Advances in Managing Humanitarian Operations*. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 59–78. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24418-1\\_4](http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-24418-1_4)>. Acesso em: 27 dez. 2022.
- HEDLUND, K. *et al. Final Evaluation of the Unconditional Cash and Voucher Response: to the 2011–12 Crisis in Southern and Central Somalia*. Humanitarian Outcomes, 2013.
- HOFFMANN, R. ESTIMATIVAS DAS ELASTICIDADES-RENDA DE VÁRIAS CATEGORIAS DE DESPESA E DE CONSUMO, ESPECIALMENTE ALIMENTOS, NO BRASIL, COM BASE NA POF DE 2008-2009. 2010.
- HOFFMANN, R. Transferências de Renda e Redução da Desigualdade no Brasil e em Cinco Regiões, entre 1997 e 2005. *Ricardo Paes de Barros, Miguel Nathan Foguel, Gabriel Ulyssea*, p. 17, 2007.
- HOLM-NIELSEN, P. V.; RAJU, E.; FURU, P. The transformative effect of cash and voucher assistance experienced by humanitarian organizations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 80, p. 103238, out. 2022.
- HORRIDGE, M. *ORANI-G: A general equilibrium model of the Australian economy*. Centre of Policy Studies (CoPS), 2000.
- HORRIDGE, M. The TERM Model and Its Database. In: WITTEWER, G. (Org.). *Economic Modeling of Water*. Global Issues in Water Policy. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012. v. 3. p. 13–35. Disponível em: <[https://link.springer.com/10.1007/978-94-007-2876-9\\_2](https://link.springer.com/10.1007/978-94-007-2876-9_2)>. Acesso em: 16 set. 2023.
- HORRIDGE, M.; MADDEN, J.; WITTEWER, G. The impact of the 2002–2003 drought on Australia. *Journal of Policy Modeling*, v. 27, n. 3, p. 285–308, 2005.
- HUMANITARIAN COALITION. *WHAT IS A HUMANITARIAN EMERGENCY?* Disponível em: <<https://www.humanitariancoalition.ca/what-is-a-humanitarian-emergency>>. Acesso em: 20 maio 2023.
- HUSAIN, A.; BAUER, J.; SANDSTROM, S. Economic Impact Study: Direct and Indirect Impact of the WFP Food Voucher Programme in Jordan. *World Food Programme, Amman*, 2014.
- IBGE. *Contas Nacionais Trimestrais, Out-Dez 2022*. Indicadores IBGE. 2 mar. 2023a. Acesso em: 18 dez. 2023.
- IBGE. *Matriz de Insumo-Produto: Brasil: 2015*, 2018. (Contas Nacionais, 62).
- IBGE. *Minas Gerais | Brumadinho | História & Fotos - IBGE - Cidades*. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/brumadinho/historico>>. Acesso em: 16 jul. 2023b.
- IBGE (Org.). *Pesquisa de orçamentos familiares, 2017-2018: primeiros resultados*. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.
- IBGE (Org.). *Sistema de contas nacionais do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. (Séries Relatórios metodológicos, v. 24).
- IBGE. *Sistema de Contas Nacionais-Brasil Referência 2000*, 2015. Disponível em: <[https://ftp.ibge.gov.br/Contas\\_Nacionais/Sistema\\_de\\_Contas\\_Nacionais/Notas\\_Metodologicas/18\\_aluguel.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Contas_Nacionais/Sistema_de_Contas_Nacionais/Notas_Metodologicas/18_aluguel.pdf)>. Acesso em: 4 fev. 2024.

- INC., A. A.; AGRICULTURAL POLICY DEVELOPMENT PROJECT. *Mozambique 1999–2000 Floods; Impact Evaluation: Resettlement Grant Activity, Emergency Recovery: Agriculture and Commercial Trade*, USAID, 2002.
- ISLAM, K.; MURAKAMI, S. Global-scale impact analysis of mine tailings dam failures: 1915–2020. *Global Environmental Change*, v. 70, p. 102361, set. 2021.
- JOAKIM, E. P.; WISMER, S. K. Livelihood recovery after disaster. *Development in Practice*, v. 25, n. 3, p. 401–418, 3 abr. 2015.
- JOHANSEN, L. *A Multi-Sectoral Study of Economic Growth*. North-Holland, Amsterdam, 1974.
- KABEER, N.; WADDINGTON, H. Economic impacts of conditional cash transfer programmes: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Development Effectiveness*, v. 7, n. 3, p. 290–303, 3 jul. 2015.
- KATES, R. *Major insights: A summary and recommendation*. In: *Reconstruction following disaster*, ed. JE Haas, RW Kates, and MJ Bowden, 261-93. Cambridge, MA: MIT Press, 1977
- KOSSOFF, D. *et al.* Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry*, v. 51, p. 229–245, dez. 2014.
- KUME, H.; PIANI, G. Elasticidades de substituição das importações no Brasil. *Revista de Economia Contemporânea*, v. 17, p. 423–451, 2013.
- LEHMANN, C.; MASTERSON, D. Emergency economies: The impact of cash assistance in Lebanon. *Beirut: International Rescue Committee*, 2014.
- LIMA, S. R. DE S. Caracterização e análise dos acidentes de barragens de rejeito de mineração no estado de Minas Gerais. 2016.
- LINDELL, M. K.; PRATER, C. S. Assessing Community Impacts of Natural Disasters. *Natural Hazards Review*, v. 4, n. 4, p. 176–185, nov. 2003.
- LINHARES, Carolina. Brumadinho vive abalo emocional e bolha de crescimento econômico um ano após tragédia. *Folha de São Paulo*, 24 jan. 2020. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/01/brumadinho-vive-abalo-emocional-e-bolha-de-crescimento-economico-um-ano-apos-tragedia.shtml>>. Acesso em: 24 jan. 2023.
- LINHARES, Carolina; VALENTE, R. Após sirene, moradores deixam casas de zonas de risco em Brumadinho. *Folha de São Paulo*, 27 jan. 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/01/apos-sirene-moradores-deixam-casas-em-bairro-atingido-pela-lama-em-brumadinho.shtml>>. Acesso em: 30 ago. 2023.
- LOYOLA FILHO, A. I. DE *et al.* Use of psychotropic drugs by population in an area affected by the tailings dam rupture: Brumadinho Health Project. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 25, n. suppl 2, p. e220012, 2022.
- MACAUSLAN, I.; RIEMENSCHNEIDER, N. Richer but Resented: What do Cash Transfers do to Social Relations? *IDS Bulletin*, v. 42, n. 6, p. 60–66, nov. 2011.
- MAGALHÃES, A. S. *Economia de baixo carbono no Brasil: alternativas de políticas de custos de redução de emissões de gases de efeito estufa*. 2013. Tese de Doutorado – UFMG/CEDEPLAR, Belo Horizonte, 2013.
- MAGALHÃES, A. S. *O comércio por vias internas e seu papel sobre o crescimento e desigualdade regional no Brasil*. Banco do Nordeste do Brasil, 2011.

- MARSHALL, J. Rompimentos de barragens de rejeitos no Brasil e no Canadá: uma análise do comportamento corporativo. *Caderno Eletrônico de Ciências Sociais*, v. 5, n. 1, p. 27, 26 dez. 2017.
- MAS-COLELL, A. *et al. Microeconomic theory*. Oxford university press New York, 1995. v. 1.
- MATHERS, N.; SLATER, R. Social protection and growth: Research synthesis. *Australia: Department of Foreign Affairs and Trade Australian Government*, 2014.
- MELO, T. L.; MEDEIROS, R. D. P.; TEIXEIRA, R. C. Quando o rio não VALE mais: o dilema de comunidades às margens do rio Paraopeba após o desastre em Brumadinho. *Novos Cadernos NAEA*, v. 25, n. 1, 27 abr. 2022. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/8796>>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- MILANEZ, B.; ALI, S. H.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J. A. Mapping industrial disaster recovery: Lessons from mining dam failures in Brazil. *The Extractive Industries and Society*, v. 8, n. 2, p. 100900, jun. 2021.
- MILANEZ, B.; FELIPPE, M. F. *Minas esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na bacia do Paraopeba*. Juiz de Fora, MG: Editora UFJF, 2021.
- MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS. *Secretaria de Comércio Exterior*. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/comercio-exterior>>. Acesso em: 1 jan. 2024.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. *RAIS*. Disponível em: <<http://pdet.mte.gov.br/microdados-rais-e-caged>>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- NAIK, A.; STIGTER, E.; LACZKO, F. *Migration, development and natural disasters: insights from the Indian Ocean tsunami*. Geneva: International Organization for Migration, 2007.
- NERI, M. C.; VAZ, F. M.; SOUZA, P. H. G. F. DE. Efeitos macroeconômicos do Programa Bolsa Família: uma análise comparativa das transferências sociais. *Programa Bolsa Família: uma década de inclusão e cidadania*, v. 1, p. 193–206, 2013.
- NOCE, C. M. *Geocronologia dos eventos magmáticos, sedimentares e metamórficos na região do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais*. 1995. Doutorado em Geoquímica e Geotectônica – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44134/tde-05012016-154125/>>. Acesso em: 29 ago. 2023.
- OWEN, J. R. *et al.* Catastrophic tailings dam failures and disaster risk disclosure. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 42, p. 101361, jan. 2020.
- PACHECO, F. A. L. *et al.* Water security threats and challenges following the rupture of large tailings dams. *Science of The Total Environment*, v. 834, p. 155285, ago. 2022.
- PALMAERA, L. *Community Recovery Cash Grant: Responding to the shelter, food security and livelihood needs to enable early recovery of earthquake affected people in Sumatra, Indonesia*, 2010
- PAUL, B. K. *Environmental Hazards and Disasters: Contexts, Perspectives and Management*. 1. ed. Wiley, 2011. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119979616>>. Acesso em: 11 dez. 2022.

- PEIXOTO, S. V.; FRÓES-ASMUS, C. I. R. Living and health conditions after a mining dam rupture: Brumadinho Health Project and Bruminha Project. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 25, n. suppl 2, p. e220001, 2022.
- PELLING, M.; ÖZERDEM, A.; BARAKAT, S. The macro-economic impact of disasters. *Progress in Development Studies*, v. 2, n. 4, p. 283–305, out. 2002.
- PEPPIATT, D.; MITCHELL, J.; HOLZMANN, P. *Cash transfers in emergencies: evaluating benefits and assessing risks*. Overseas Development Institute London, 2001.
- PEREIRA, D. M. *et al.* Brumadinho: Muito mais que um desastre tecnológico. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 27, n. 2, p. 332–355, 1 out. 2021.
- PERRY, R. W. Defining disaster: An evolving concept. *Handbook of disaster research*. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 3–22.
- PETER, M. W. *et al.* *The Theoretical Structure of MONASH-MRF*. Centre of Policy Studies/IMPACT Centre Working Papers. Victoria University, Centre of Policy Studies/IMPACT Centre, 1996. Disponível em: <<https://EconPapers.repec.org/RePEc:cop:wpaper:op-85>>.
- PICOU, J. S.; MARSHALL, B. K. Katrina as paradigm shift: Reflections on disaster research in the twenty-first century. *The sociology of Katrina: Perspectives on a modern catastrophe*. Rowman & Littlefield Lanham, MD, 2007. p. 1–20.
- PINHEIRO, M. M. *Os impactos regionais dos programas de transferência de renda sobre a estrutura produtiva brasileira*. 2023. Dissertação – UFMG/CEDEPLAR, Belo Horizonte, MG, 2023.
- POLIGNANO, M. V.; LEMOS, R. S. Rompimento da barragem da Vale em Brumadinho: impactos socioambientais na Bacia do Rio Paraopeba. *Ciência e Cultura*, v. 72, n. 2, p. 37–43, abr. 2020.
- PRZYLUSKI, V.; HALLEGATTE, S. The Economics of Natural Disasters. *CESifo Forum*, v. 11, p. 14–24, jun. 2010.
- QUINTÃO, F. D. M.; TEODÓSIO, A. DOS S. DE S.; DIAS, A. L. F. Doce fel da minero-dependência nas cidades mineiras: Brumadinho e Itabira em perspectiva. *Cadernos Metrópole*, v. 24, n. 54, p. 647–668, ago. 2022.
- REIS, M. DE O. *et al.* Panorama dos rompimentos de barragens de rejeito de minério no mundo. *Caderno de Geografia*, v. 30, n. 61, p. 368, 5 abr. 2020.
- RICO, M. T. *et al.* Reported tailings dam failures. A review of the European incidents in the worldwide context. *Journal of Hazardous Materials*, v. 152, n. 2, p. 846–852, 1 abr. 2008.
- RODRÍGUEZ, H.; DONNER, W.; TRAINOR, J. E. (Org.). *Handbook of Disaster Research*. Cham: Springer International Publishing, 2018. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-63254-4>>. Acesso em: 19 jan. 2023. (Handbooks of Sociology and Social Research).
- ROSE, A.; GUHA, G.-S. Computable General Equilibrium Modeling of Electric Utility Lifeline Losses from Earthquakes. In: OKUYAMA, Y.; CHANG, S. E. (Org.). *Modeling Spatial and Economic Impacts of Disasters*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 119–141. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24787-6\\_7](http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-24787-6_7)>. Acesso em: 11 dez. 2022.

ROTTA, L. H. DA S. *et al.* The 2019 Brumadinho tailings dam collapse: Possible cause and impacts of the worst human and environmental disaster in Brazil. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, v. 90, 2020.

RUBIN, C. B. Long Term Recovery from Disasters -- The Neglected Component of Emergency Management. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, v. 6, n. 1, 6 jan. 2009. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/document/doi/10.2202/1547-7355.1616/html>>. Acesso em: 21 jan. 2023.

SABATES-WHEELER, R.; DEVEREUX, S. Cash transfers and high food prices: Explaining outcomes on Ethiopia's Productive Safety Net Programme. *Food Policy*, v. 35, n. 4, p. 274–285, ago. 2010.

SANTAMARINA, J. C.; TORRES-CRUZ, L. A.; BACHUS, R. C. Why coal ash and tailings dam disasters occur. *Science*, v. 364, n. 6440, p. 526–528, 10 maio 2019.

SANTOS, R. S. P. DOS; MILANEZ, B.; GONÇALVES, R. J. DE A. F. O Complexo Paraopeba II: estrutura e condições. *Minas esgotada: antecedentes e impactos do desastre da Vale na bacia do Paraopeba*. Juiz de Fora, MG: Editora UFJF, 2021.

SCHUBERT, B. The Pilot Social Cash Transfer Scheme Kalomo District - Zambia. *SSRN Electronic Journal*, 2005. Disponível em: <<http://www.ssrn.com/abstract=1753690>>. Acesso em: 7 mar. 2023.

SEN, A. *Poverty and famines: an essay on entitlement and deprivation*. Oxford university press, 1981.

SILVA, A. A. *et al.* O impacto do rompimento da barragem de Brumadinho na aldeia Naô Xohã. *Sustainability in Debate*, v. 10, dez. 2019.

SILVA, C. E. S. F. DA *et al.* Regional economic impacts of the Brumadinho tailing dam rupture disaster in Minas Gerais (Brazil) based on labor productivity changes. *Anais do 60º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER)*, 1 jan. 2022.

SILVA, F. L. DA *et al.* Relações entre saúde e ambiente: potenciais impactos decorrentes do rompimento de barragens de rejeitos – uma revisão da literatura nos casos de Mariana e Brumadinho, MG. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 59, 31 mar. 2022. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/74469>>. Acesso em: 6 jan. 2023.

SILVA, M. A. DA *et al.* Sobreposição de riscos e impactos no desastre da Vale em Brumadinho. *Ciência e Cultura*, v. 72, n. 2, p. 21–28, abr. 2020.

SIMONATO, T. C. *Impactos na economia brasileira do Auxílio Emergencial durante a pandemia do Covid-19: efeitos regionais, setoriais, familiares e no mercado de trabalho*. 2023. Tese de Doutorado – UFMG/CEDEPLAR, Belo Horizonte, MG, 2023.

SIMONATO, T. C. *Projeção dos impactos econômicos regionais do desastre de Mariana - MG*. 2017. Dissertação – UFMG/CEDEPLAR, Belo Horizonte, MG, 2017.

SIQUEIRA, D. *et al.* Terrestrial and aquatic ecotoxicity of iron ore tailings after the failure of VALE S.A mining dam in Brumadinho (Brazil). *Journal of Geochemical Exploration*, v. 235, p. 106954, abr. 2022.

SLATER, R. Cash transfers, social protection and poverty reduction. *International Journal of Social Welfare*, v. 20, n. 3, p. 250–259, jul. 2011.

SOARES, A. L. C. *et al.* Impacto do rompimento da barragem de rejeitos de minério de ferro da Mina do Feijão, em Brumadinho, quanto ao uso e à cobertura do solo e à qualidade das águas

superficiais do rio Paraopeba. *Revista da Universidade Federal de Minas Gerais*, v. 27, n. 2, p. 356–381, 1 out. 2021.

SOARES, F. V. *et al.* Programas de transferência de renda no Brasil: impactos sobre a desigualdade. 2006.

SOUZA, F.; FELLET, J. Brumadinho é maior acidente de trabalho já registrado no Brasil. *BBC Brasil*, 2019.

STANDING, G. How Cash Transfers Promote the Case for Basic Income. *Basic Income Studies*, v. 3, n. 1, 11 jan. 2008. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/document/doi/10.2202/1932-0183.1106/html>>. Acesso em: 7 mar. 2023.

STAUNTON, C. Hard cash in hard times: a social accounting matrix multiplier analysis of cash transfers and food aid in rural Zimbabwe. In: CENTRE FOR SOCIAL PROTECTION AT THE SOCIAL PROTECTION FOR SOCIAL JUSTICE CONFERENCE, 2011, Institute of Development Studies, London. *Anais...* Institute of Development Studies, London, 2011.

TANURE, T. M. DO P. *Mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos regionais e por cultivo familiar e patronal*. 2020. Tese de Doutorado – UFMG/CEDEPLAR, Belo Horizonte, MG, 2020.

TAPPIS, H.; DOOCY, S. The effectiveness and value for money of cash-based humanitarian assistance: a systematic review. *Journal of Development Effectiveness*, v. 10, n. 1, p. 121–144, 2 jan. 2018.

THOMPSON, C. *et al.* Brumadinho dam collapse induces changes in the microbiome and the antibiotic resistance of the Paraopeba River (Minas Gerais, Brazil). *Science of The Total Environment*, v. 865, p. 161278, mar. 2023.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS. *Fiscalizando com o TCE*. Disponível em: <<https://fiscalizandocomtce.tce.mg.gov.br/#/inicio>>. Acesso em: 28 mar. 2023.

TRINDADE, Eliane. Brumadinho vive do “bolsa Vale” após 5 anos da tragédia. 10 jan. 2024. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/colunas/redesocial/2024/01/apos-cinco-anos-brumadinho-lida-com-dependencia-da-bolsa-tragedia-e-carestia.shtml>>. Acesso em: 25 jan. 2024.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. UNISDR terminology on disaster risk reduction. *Geneva: United Nations*, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. *Projeto de Avaliação de Necessidades Pós-Desastre do Colapso da Barragem da Mina Córrego do Feijão*. Disponível em: <<http://plataforma.projeto-brumadinho.ufmg.br/api/static/proceedings/frag/70184198.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2023. 22 maio 2019

VALE S.A. *VALE – INFORMAÇÕES SOBRE PAGAMENTO EMERGENCIAL*. Disponível em: <<http://plataforma.projeto-brumadinho.ufmg.br/api/static/extraproceedings/51602a8c-50b7-4e2b-8a6b-ec6f208d21f2.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2023. 18 fev. 2023

VALENTE, R.; CANOFRE, F. Vale faz acordo e vai indenizar todos os moradores de Brumadinho por um ano. 20 fev. 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2019/02/vale-se-compromete-em-acordo-a-indenizar-moradores-de-brumadinho-por-um-ano.shtml>>. Acesso em: 15 out. 2023.

VOGEL, B.; TSCHUNKERT, K.; SCHLÄPFER, I. The social meaning of money: multidimensional implications of humanitarian cash and voucher assistance. *Disasters*, v. 46, n. 2, p. 348–370, abr. 2022.

WALRAS, L. *Elements of pure economics; or, The theory of social wealth*. New York: Cambridge University Press, 1969.

WISE URANIUM PROJECT. *Chronology of Major Tailings Dam Failures*. Disponível em: <<https://www.wise-uranium.org/mdaf.html>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

WMTF. *WORLD MINE TAILINGS FAILURES—FROM 1915*. Disponível em: <<https://worldminetailingsfailures.org/corrego-do-feijao-tailings-failure-1-25-2019/>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

WORLD BANK. *Strategic Note: Cash Transfers in Humanitarian Contexts*. World Bank Group Washington, DC, 201

**ANEXO A - Impacto das transferências de renda sobre indicadores econômicos nas regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho, 2019-2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base)**

Regiões	Consumo das Famílias	Investimentos	Exportações	Importações	PIB	Emprego	Índice de Preços
Resto do Brasil	0,46	-7,95	0,66	-2,11	-0,74	-1,14	-0,45
Resto de Minas	0,39	0,41	0,69	-0,95	-0,31	-0,57	-0,39
Belo Horizonte	0,33	0,29	0,58	-0,56	-0,11	-0,32	-0,32
Betim	1,63	0,13	0,53	-1,29	-0,57	-1	-0,08
Brumadinho	56,01	4,34	0,08	7,08	1,96	-0,73	5,2
Esmeraldas	1,95	1,04	0,56	0,15	0,15	-0,01	-0,09
Curvelo	5,81	1,47	0,49	1,31	0,39	0,01	0,18
Florestal	8,8	1,86	0,51	2,42	0,72	-0,02	0,26
Fortuna de Minas	51,74	6,39	0,26	13,16	3,12	0,08	2,79
Igarapé	0,95	1,16	0,46	-0,09	0,06	-0,07	0,28
Juatuba	15,13	1,97	0,42	1,09	0,46	-0,49	1,22
Maravilhas	2,07	1	0,59	0,19	0,16	-0,16	-0,21
Mário Campos	35,65	4,22	0,28	8,82	2,93	0,3	1,92
Martinho Campos	0,39	0,56	0,62	-0,53	-0,14	-0,37	-0,39
Papagaios	1,59	0,52	0,6	-0,57	-0,29	-0,81	-0,25
Pará de Minas	0,5	0,46	0,57	-0,58	-0,08	-0,16	-0,3
Paraopeba	4,65	1,23	0,53	0,41	0,13	-0,29	0,18
Pequi	8,34	1,56	0,55	1,46	0,39	-0,03	0,1
Pompéu	1,48	0,91	0,59	-0,18	0,03	-0,09	-0,24
São Joaquim de Bicas	25,49	3,63	0,25	5,36	2,5	0,01	1,37
São José da Varginha	12,36	2,3	0,51	2,57	0,79	0,12	0,49
Sarzedo	0,16	0,24	0,54	-1,16	-0,47	-0,95	-0,17

Fonte: elaboração própria

**ANEXO B - Impacto das transferências de renda sobre os setores nas regiões do modelo IMAGEM-Brumadinho, 2019-2022 (desvio percentual acumulado em relação ao cenário base)**

Regiões	Agricultura	Pecuária	Produtos de Exploração Florestal e Silvicultura	Pesca	Minério de Ferro	Indústria Extrativa	Indústria de Transformação	Serviços Industriais de Utilidade Pública	Comércio	Serviços
<b>1</b> Resto do Brasil	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>2</b> Resto de Minas	-0,01	0,01	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,00	0,01	0,02	0,00
<b>3</b> Belo Horizonte	0,01	0,05	0,01	0,01	-0,02	-0,04	-0,03	0,01	0,00	-0,01
<b>4</b> Betim	0,01	-0,07	-0,03	-0,03	-0,07	-0,17	-0,10	0,05	0,22	0,12
<b>5</b> Brumadinho	1,89	-2,00	-0,91	-0,87	-0,92	-2,25	0,36	-1,00	4,02	1,27
<b>6</b> Esmeraldas	0,05	-0,08	-0,05	-0,05	-0,06	-0,16	-0,07	0,11	0,26	0,11
<b>7</b> Curvelo	0,11	-0,02	-0,08	-0,07	-0,11	-0,23	0,16	0,18	0,72	0,11
<b>8</b> Florestal	0,12	-0,14	-0,10	-0,09	-0,13	-0,38	0,55	0,11	1,00	0,26
<b>9</b> Fortuna de Minas	-0,07	-0,31	-0,15	-0,14	-0,17	-0,44	-0,20	0,06	0,77	0,32
<b>10</b> Igarapé	0,10	0,08	-0,06	-0,04	-0,16	-0,38	-0,21	0,60	0,98	0,37
<b>11</b> Juatuba	-0,04	0,79	-0,28	-0,25	-0,32	-0,68	-0,66	-0,29	0,75	1,34

Regiões	Agricultura	Pecuária	Produtos de Exploração Florestal e		Minério de Ferro	Indústria Extrativa	Indústria de Transformação	Serviços Industriais de		
			Silvicultura	Pesca				Utilidade Pública	Comércio	Serviços
<b>12</b> Maravilhas	0,04	-0,01	-0,02	-0,02	-0,04	-0,10	-0,01	0,08	0,18	0,04
<b>13</b> Mário Campos	-0,63	0,05	-0,70	-0,65	-0,79	-2,13	2,57	1,82	4,41	1,67
<b>14</b> Martinho Campos	0,02	0,03	0,00	0,00	-0,01	-0,02	0,01	0,03	0,03	0,01
<b>15</b> Papagaios	0,04	-0,04	-0,02	-0,02	-0,04	-0,11	-0,10	0,05	0,17	0,08
<b>16</b> Pará de Minas	0,05	0,03	0,00	0,00	-0,02	-0,05	0,02	0,04	0,11	0,07
<b>17</b> Paraopeba	0,03	0,00	-0,01	-0,01	-0,02	-0,05	0,04	0,03	0,11	0,01
<b>18</b> Pequi	0,00	-0,11	-0,07	-0,06	-0,09	-0,22	0,18	-0,01	0,50	0,13
<b>19</b> Pompéu	-0,01	-0,02	-0,02	-0,02	-0,03	-0,07	-0,01	0,02	0,12	0,05
<b>20</b> São Joaquim de Bicas	0,02	-0,29	-0,30	-0,27	-0,38	-0,85	-0,46	0,09	2,79	1,80
<b>21</b> São José da Varginha	-0,03	-0,31	-0,12	-0,11	-0,14	-0,38	-0,07	-0,12	0,65	0,48
<b>22</b> Sarzedo	0,01	0,13	-0,01	0,00	-0,06	-0,11	-0,14	0,04	0,34	0,04

Fonte: elaboração própria