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

Rompimento da Barragem de Fundão: Estimativas da Perda Acumulada do PIB para os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo — Recuperação Econômica do Desastre em 2028

FGV

AGOSTO DE 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas/FGV

Fundação Getulio Vargas

Rompimento da Barragem de Fundão: Estimativas da Perda Acumulada do PIB para os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo – Recuperação Econômica do Desastre em 2028 / Fundação Getulio Vargas. – Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2021.

18 p.

Em colaboração com: André Portela Fernandes de Souza, Guillermo Roberto Tomás Málaga Butrón, Heron Marcos Teixeira Rios, Lucas Gerez Foratto, Reynaldo Fernandes.

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

Inclui bibliografia.

1. Projeto Rio Doce. 2. Fundão, Barragem de (MG). 3. Barragens e açudes – Aspectos sociais. 4. Indenização. 5. Vítimas de desastres – Aspectos econômicos. I. Título.

CDD – 627.8

Elaborada por Rafaela Ramos de Moraes – CRB-7/6625

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

NOTA TÉCNICA

Rompimento da Barragem de Fundão: Estimativas da Perda Acumulada do PIB para os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo — Recuperação Econômica do Desastre em 2028

Agosto — 2021

EQUIPE TÉCNICA

André Portela Fernandes de Souza

Guillermo Roberto Tomás Málaga Butrón

Heron Marcos Teixeira Rios

Lucas Gerez Foratto

Reynaldo Fernandes

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 — Perda do PIB Total anual estimada e no Cenário de Referência (R$ bilhões de 2020)..... 9

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Perdas no PIB Total (R$ bilhões de 2020) 8
Tabela 2 — Estimativas das perdas acumuladas do PIB total e setorial no período 2015-2028 — Cenários Samarco em Retomada (R$ bilhões de 2020) 14

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 5
2 ESTIMATIVAS DAS PERDAS ACUMULADAS DO PIB SOB RECUPERAÇÃO PLENA DE OPERAÇÃO DA SAMARCO EM 2028 12
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS 15
APÊNDICE A 17

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo complementa a estimativa de perdas econômicas totais, de Nota Técnica anterior (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2021), do rompimento da Barragem de Fundão em Minas Gerais, ocorrido em 2015, sobre o Produto Interno Bruto — (PIB ou renda agregada) dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, conjuntamente. A Nota Técnica anterior estima as perdas econômicas considerando, entre os diversos cenários de recuperação do impacto do rompimento, dois horizontes de retomada da economia e do funcionamento da empresa Samarco, quais sejam, de 2019-2031 e 2019-2034. Este estudo complementa a análise anterior fornecendo uma estimativa de recuperação do impacto e de plena operação da empresa Samarco Mineração no horizonte 2019-2028.

O rompimento da Barragem de Fundão pode ter impactado a atividade econômica por meio de diferentes mecanismos como: (i) interrupção de atividades produtivas diretamente afetadas (*e.g.*, parada da produção mineral, proibição da pesca estuarina e no rio Doce por autoridades sanitárias); (ii) perda de produção devida à perda de ativos (*e.g.*, perda da produção agropecuária devida à destruição da terra produtiva ao longo da bacia e perdas em outras atividades pela degradação de outros recursos naturais, como a pesca e a caça, entre outros); (iii) perda de produção ao longo da cadeia produtiva (*e.g.*, redução de produção e fornecimento de insumos para as atividades produtivas diretamente afetadas); (iv) efeitos macroeconômicos gerais (*e.g.*, efeitos sobre preços de produtos e insumos; queda no nível da atividade econômica devida à queda na demanda agregada por perda de renda dos consumidores e/ou receitas tributárias dos governos); (v) efeitos negativos permanentes no crescimento econômico (*e.g.*, mudanças nas percepções de riscos que levam à redução de investimentos nas áreas afetadas); e (vi) aumento na produção e renda devido aos esforços de reparação e reconstrução que podem estimular as atividades econômicas.

O presente estudo estima a perda do PIB com base nos dados observados para os anos de 2015 a 2018 e projeta cenários alternativos de perdas futuras até o ano de 2028. A escolha do ano de 2028 se deve ao horizonte de planejamento de plena reativação das atividades da Samarco em Mariana (MG) até 2028. Para tanto, lança-se mão de uma combinação de metodologias composta pela técnica econométrica de Controle

Sintético[1] e calibração de modelo de equilíbrio geral[2]. A primeira permite estimar os valores de perda do PIB de ambos os estados, conjuntamente, a partir da comparação com a trajetória "contrafactual" do PIB, isto é, sob a hipótese de não ocorrência do rompimento. A partir dessa estimativa, utiliza-se o modelo de equilíbrio geral calibrado para simular os impactos totais em diferentes horizontes de tempo. Essas estimativas de impactos dependem de uma série de características da economia local, do momento econômico, planos de recuperação e reconstrução que moldam as perspectivas do futuro das regiões. Desta maneira, o modelo permite gerar uma variedade de cenários alternativos (e suas respectivas implicações de perdas no produto) onde se consideram a recuperação da mineradora Samarco a partir de 2018 até a sua plena atividade em 2028, a possibilidade de diferentes especificações de trajetórias de recuperação futura e diferentes taxas de desconto aplicadas aos valores de perda ao longo do tempo (de modo a tornar comparável o valor presente das diversas estimativas).

Para a obtenção do conjunto de estimativas das perdas via modelo de equilíbrio geral, calcula-se a diferença de valores do PIB de MG e ES, conjuntamente, entre o cenário sem a ocorrência do rompimento e os cenários com rompimento sob diferentes hipóteses alternativas de recuperação à sua situação inicial. Nesse contexto, define-se como "recuperação econômica do desastre" as trajetórias de aproximação de um conjunto de variáveis que refletem os fundamentos da economia — e, no modelo, definem o choque decorrente do rompimento — ao seu valor inicial (*i.e.*, sem a ocorrência do rompimento). Assim, a definição do desastre no modelo do presente estudo está associada à trajetória de recuperação de três conjuntos de variáveis (exógenas no modelo): oferta dos fatores de produção, parâmetros de condições do mercado de trabalho e produtividades setoriais.

A interrupção de operação da empresa Samarco é mensurada por meio da queda na oferta dos fatores de produção terra e capital utilizados na produção do setor extrativo do modelo. A trajetória de recuperação da empresa corresponde à trajetória de recuperação da oferta destes fatores ao seu nível pré-rompimento, se iniciando em 2019 até a plena operação em 2028. Assim, a recuperação destas variáveis que definem a retomada de operação da Samarco em conjunto com a recuperação das demais variáveis do desastre constituem a recuperação econômica do desastre no modelo.

[1] Proposto por Abadie e Gardeazabal (2003) e Abadie e colaboradores (2010), o método de Controle Sintético consiste em construir uma região hipotética (ou sintética), semelhante à unidade atingida, formada por uma média ponderada de regiões que não foram afetadas.
[2] O modelo de equilíbrio geral foi desenvolvido por Fundação Getulio Vargas (2020c).

Nossos estudos anteriores estimam a perda na renda agregada nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo entre 2015-2017, o ano do rompimento da Barragem de Fundão e os dois primeiros anos subsequentes (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2019; FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2020b; FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS, 2020c). O presente documento atualiza as perdas mensuradas em Nota Técnica anterior (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2021) para o curto prazo no qual se agregam as informações do PIB de 2018 — ano mais recente disponibilizado pelo IBGE — e propõe cenários para a valoração da perda total da renda agregada para o horizonte temporal de 2019 a 2028, o que corresponde à previsão de plena operação da Samarco.

As estimativas de perda no PIB Total de MG e ES são feitas para duas séries do PIB: a série diretamente observada nos dados (sem ajuste) e a série ajustada pela variação do preço do minério de ferro (com ajuste). Isto é feito pelo fato de a variação do preço do minério de ferro ocorrer simultaneamente ao período do desastre e potencialmente confundir os impactos estimados atribuídos ao rompimento. Os resultados para as duas séries são apresentados sob cenários alternativos que consideram as diferentes combinações das seguintes possibilidades:

a) As trajetórias futuras dos parâmetros exógenos do modelo para o cenário de recuperação em formato logístico ou exponencial, de modo a captar diferentes ritmos de recuperação;

b) Três possíveis taxas de desconto (0%, 3% e 5% a.a.).

Para todos esses cenários, considera-se a empresa Samarco temporariamente inoperante até 2018 e com trajetória de retomada a partir de 2019 até sua plena operação em 2028. Dessa forma, foram construídos e estimados 12 cenários alternativos. Entre os diversos cenários, considera-se o “Cenário de Referência”, aquele que combina a empresa Samarco temporariamente inoperante (Samarco em Retomada), com o PIB ajustado para variações do preço do minério de ferro, com as trajetórias de recuperação das variáveis em formato logístico e a taxa de desconto de 3%. Essa especificação tem a qualidade de combinar condições que nos permitem focar nos efeitos do rompimento sobre o PIB, potencialmente mitigando o efeito de outros fatores atuantes concomitantemente.

Nessa linha, o caso Samarco em Retomada permite considerar o impacto gerado pela decisão judicial de paralização da atividade da empresa. Por sua vez, o ajuste do PIB pelo preço do minério de ferro busca filtrar as variações do mesmo decorrentes de oscilações de preços da *commodity* que se seguiram ao rompimento. Um aumento de preço, por exemplo, poderia reduzir o impacto total devido à simples valorização do

minério de ferro no mercado internacional. Em seguida, a trajetória de recuperação em formato logístico permite uma trajetória suave de transição de modo que nos períodos iniciais e finais as variações dos parâmetros que definem o choque do rompimento no modelo se alteram de forma lenta, porém contínua. O intuito é captar os custos iniciais e finais de reparação que requerem estimativas, análises e planejamento nos períodos iniciais e a dificuldade crescente de identificação dos efeitos remanescente após certo período de reparação. Por fim, a taxa de desconto de 3% *(i.e.*, de acordo com o título NTN-B 2026 — ou Tesouro IPCA, na nova nomenclatura) reflete o custo de oportunidade do poupador no longo prazo para a economia brasileira, ou seja, o custo em termos de rentabilidade de investimentos alternativos ao longo do tempo. Assim, perdas ocorridas em 2016, por exemplo, precisam ser corrigidas pela taxa de juros e inflação para obtenção do seu valor em 2020. De forma análoga, perdas associadas a períodos futuros devem ser descontadas para obter seu valor atual.

Com base na especificação de referência, a Tabela 1 seguinte apresenta os resultados das perdas estimadas para o PIB de Minas Gerais e Espírito Santo, conjuntamente, para o horizonte até 2028, foco deste estudo, e o horizonte até 2031 utilizado em Nota Técnica anterior, a título de comparação. Os valores são reportados em bilhões de reais de 2020.

Tabela 1 — Perdas no PIB Total (R$ bilhões de 2020)

Variação no PIB	Taxa de desconto: 3%	
	2015-2028	2015-2031
PIB Total (MG + ES)	-547,4	-662,9

Fonte: Elaboração própria (2021) e Fundação Getulio Vargas (2021).

Observação: Cenários simulados considerando a Samarco em Retomada, PIB ajustado pelo preço do minério de ferro e trajetórias de recuperação logística.

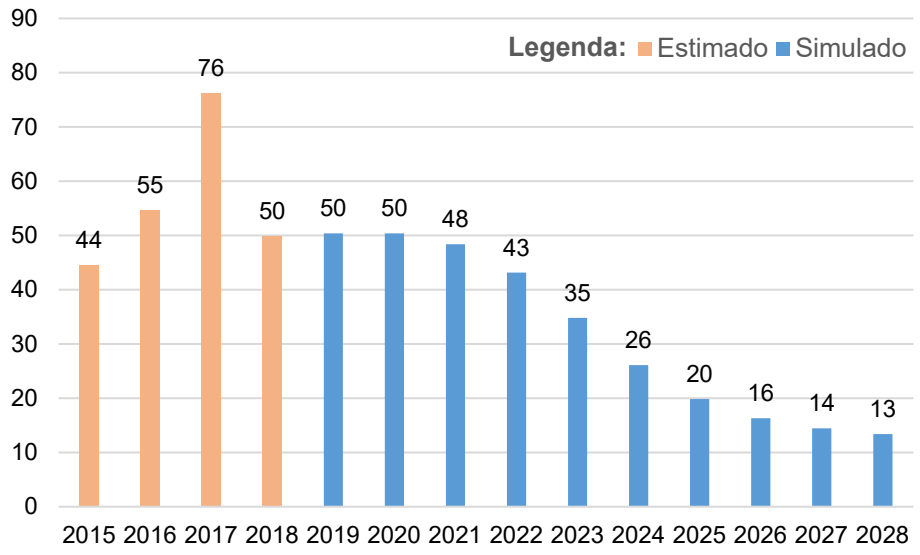
Na comparação entre esses cenários, a perda estimada do PIB Total de Minas Gerais e Espírito Santo, conjuntamente, figura entre R$ 547,4 bilhões (2015-2034) e R$ 662,9 bilhões (2015-2031) em valores de Reais de 2020. Ressalte-se que esses são valores intermediários entre os cenários alternativos.

O Gráfico 1 a seguir apresenta os resultados anuais de perda do PIB Total tanto para o período estimado dos dados entre 2015 e 2018 (barras em laranja) quanto para o período simulado no Cenário de Referência entre 2019 e 2028 (barras em azul), figuras (a) e (b), e entre 2019 e 2031, a título de comparação, figuras (c) e (d). Observa-se que, ao levar em consideração a taxa de desconto de 3%, relativamente ao cenário de taxa

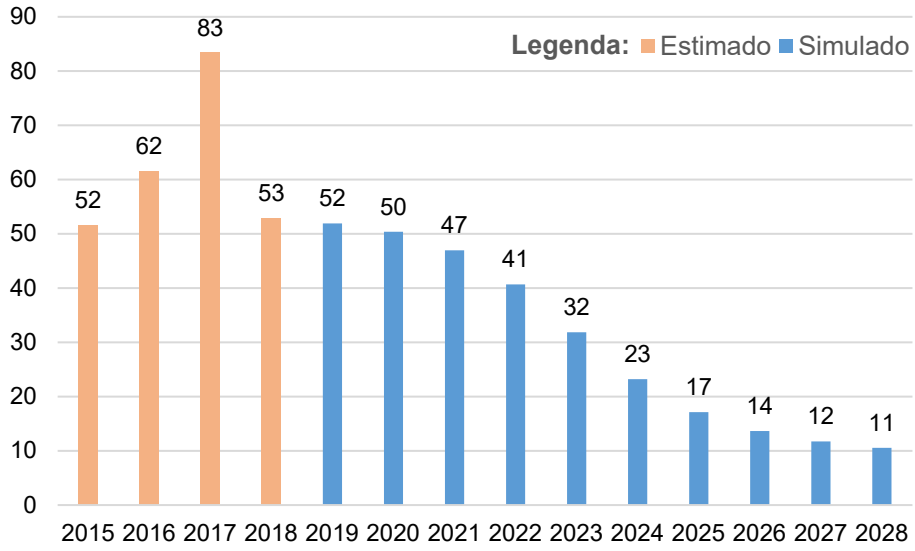
de desconto de 0%, e tendo 2020 como ano base, as perdas nos períodos iniciais são maiores enquanto as perdas nos períodos mais longos diminuem em magnitude. Embora seja uma consequência direta do desconto, essa diferença levanta a importante questão de que as perdas nos períodos iniciais são economicamente maiores que o simples cômputo das perdas contábeis quando se levam em consideração os custos de alocação de recursos ao longo do tempo. Adicionalmente, as perdas estimadas são maiores no curto prazo. Consequentemente, esses dois fatores se reforçam para gerar uma perda de curto prazo significativa, relativamente aos períodos mais distantes. Por fim, vale ressaltar que a recuperação econômica do desastre até o ano final (2028 ou 2031) não zera as perdas em função do ajuste lento do estoque de capital da economia ao seu valor de longo prazo.

Gráfico 1 — Perda do PIB Total anual estimada e no Cenário de Referência (R$ bilhões de 2020)

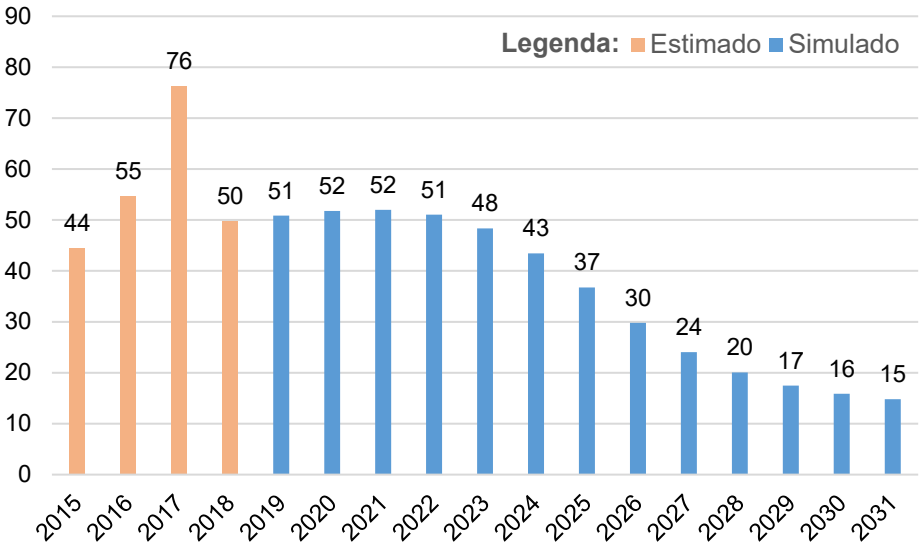
(a) 2015-2028 (Desconto 0%)



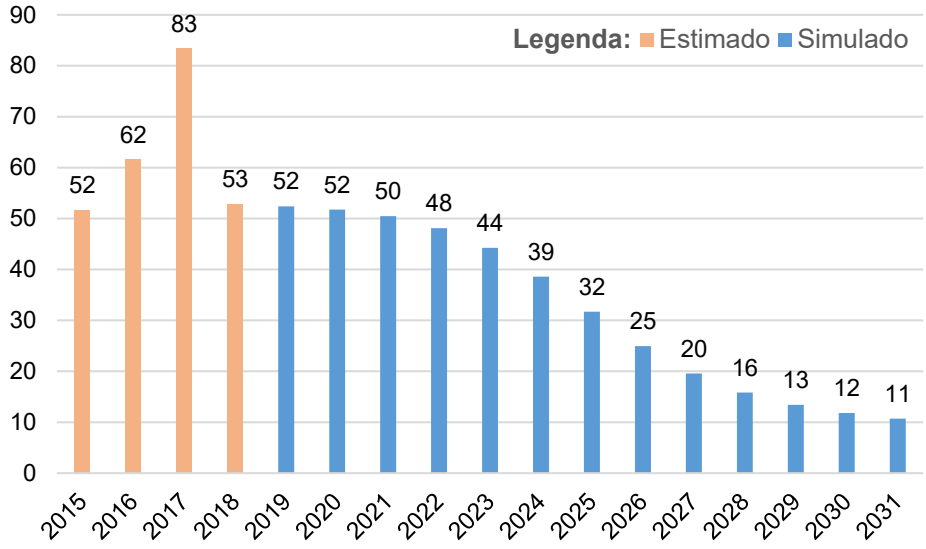
(b) 2015-2028 (Desconto 3%)



(c) 2015-2031 (Desconto 0%)



(d) 2015-2031 (Desconto 3%)



Fonte: Elaboração própria (2021).

2 ESTIMATIVAS DAS PERDAS ACUMULADAS DO PIB SOB RECUPERAÇÃO PLENA DE OPERAÇÃO DA SAMARCO EM 2028

Para um dado ano, define-se como perda do PIB a diferença entre a renda agregada calculada no cenário contrafactual (isto é, sem a ocorrência do rompimento da Barragem de Fundão) e a renda agregada calibrada para este cenário com o desastre. Com base no modelo de equilíbrio geral, pode-se construir uma vasta gama de cenários que incluem o desastre no modelo macroeconômico, porém de maneiras distintas.

Do ponto de vista da construção dos cenários, de 2015 a 2018, o modelo foi calibrado com base nos dados advindos do controle sintético, de modo que o PIB no contexto com o desastre é o observado e disponibilizado pelo IBGE, enquanto o PIB contrafactual corresponde às séries de PIB do Contrafactual 2, seguindo a nomenclatura de Nota Técnica anterior (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2021).

Como mencionado na seção anterior, em todas as simulações "Samarco em Retomada" considera-se que houve choque negativo (*i.e.*, redução) no estoque de terras e no estoque de capital do setor extrativo (setor M no modelo), tal como apresentados no Apêndice A.

A Tabela 2 apresenta as estimativas das perdas acumuladas do PIB total e setorial — PIB do setor extrativo (M) e PIB dos demais setores (G) — para os 12 cenários. Todos os resultados estão a preços de R$ bilhões de 2020. Pode-se notar que, para o conjunto de simulações com as trajetórias exponenciais e PIB com o ajuste pelo minério de ferro, no período de 2015 a 2028 as perdas mensuradas no setor extrativo estão entre R$ 37,1 bilhões (sob 0% de taxa de desconto) e R$ 37,3 bilhões (sob 5% de taxa de desconto)[3].

Ainda no mesmo cenário, pode-se observar que as perdas nos demais setores situam-se entre R$ 505,3 bilhões (sob 0% de taxa de desconto) e R$ 512,1 bilhões (sob 5% de taxa de desconto), o que resulta em uma perda do PIB Total entre R$ 542,4 bilhões (sob 0% de taxa de desconto) e R$ 549,4 bilhões (sob 5% de taxa de desconto).

De forma geral, vale ressaltar dois padrões importantes dos resultados. Em primeiro lugar, os resultados obtidos utilizando o PIB com ajuste tendem a apresentar maiores perdas se comparados aos respectivos resultados do PIB sem ajuste. Esta

[3] Note que os valores das perdas com desconto tendem a ser maiores que os valores sem desconto. Como mencionado na introdução, as cifras apresentadas estão a valor presente de 2020. Assim, o resultado implica que o montante referente à correção dos juros sobre as perdas nos anos anteriores ao ano base é suficiente para compensar o montante referente ao desconto nos anos posteriores.

característica sugere que variações no preço podem ter aliviado a perda de recursos causada pelo rompimento. Em segundo lugar, a trajetória logística tende a apresentar perdas maiores que o caso exponencial, isso porque, no primeiro caso, a recuperação é mais lenta nos períodos iniciais, como exposto anteriormente. Em contraste, a trajetória exponencial implica uma recuperação dos parâmetros que se acelera no tempo, permitindo um retorno à situação inicial cada vez mais rápido[4].

Outro ponto importante dos resultados é o perfil crescente dos valores do impacto do rompimento mensurados sob desconto de 0% a 5% a.a. Como mencionado na seção anterior, a normalização das perdas a valores de 2020 tende a elevar o valor presente do impacto no período estimado (2015-2018) e reduzir os valores do período simulado (pós-2018). Assim, a maior magnitude do impacto anual no período estimado tende a elevar o valor total do impacto sob o desconto de 5% a.a.

Na Tabela 2 está destacado o Cenário de Referência: Samarco em Retomada, PIB com ajuste, função logística e taxa de desconto de 3%, no horizonte temporal entre 2015-2028. Neste cenário, ressalta-se a perda do PIB do setor extrativo de R$ 37,5 bilhões no período, e a perda nos demais setores de R$ 509,9 bilhões, o que resulta em uma perda do PIB Total de R$ 547,4 bilhões (2015-2034). Como se pode observar, os valores do cenário destacado são valores intermediários, isto é, se encontram relativamente distantes dos cenários extremos (de maior e menor valor) entre os diversos cenários considerados.

A proporção do impacto mensurado entre os setores mostra que o impacto no setor extrativo (M) tende a ser relativamente menor que o mesmo nos demais setores (G), seguindo a sua participação também menor no PIB total da economia de MG e ES.

Por fim, os cenários apresentados na Tabela 2 seguinte são comparáveis aos cenários sob “Samarco Fechada” de Nota Técnica anterior (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2021), porém calculados ali considerando os horizontes até 2031 e até 2034. Como apresentado na seção anterior, o impacto total estimado considerando a recuperação econômica e de plena operação da empresa Samarco Mineração no horizonte até 2028 é significativamente menor que o impacto total no horizonte até 2031, uma vez que o ajuste completo da economia à situação inicial demandaria um horizonte maior necessário à recuperação do estoque de capital.

[4] O valor do parâmetro exponencial obtido nas simulações gera uma trajetória aproximadamente linear. Assim, o cenário exponencial pode ser interpretado como uma trajetória de recuperação linear da Samarco e das demais variáveis de recuperação do modelo descritas no Apêndice A.

Tabela 2 — Estimativas das perdas acumuladas do PIB total e setorial no período 2015-2028 — Cenários Samarco em Retomada (R$ bilhões de 2020)

Componentes	Exponencial			Logística		
	0%	3%	5%	0%	3%	5%
Cenários do PIB com ajuste						
PIB M	-37,1	-37,1	-37,3	-37,3	-37,5	-37,9
PIB G	-505,3	-507,6	-512,1	-505,2	-509,9	-515,7
PIB Total	-542,4	-544,7	-549,4	-542,5	-547,4	-553,6
Cenários do PIB sem ajuste						
PIB M	-34,0	-34,0	-34,2	-34,2	-34,4	-34,7
PIB G	-461,8	-464,0	-468,2	-461,7	-466,1	-471,5
PIB Total	-495,8	-498,0	-502,4	-496,0	-500,5	-506,2

Fonte: Elaboração própria (2021), a partir de dados do IBGE.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo complementa a estimativa de perdas econômicas totais, de Nota Técnica anterior (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2021), do rompimento da Barragem de Fundão em Minas Gerais, ocorrido em 2015, sobre o Produto Interno Bruto (PIB ou renda agregada) dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, conjuntamente. A Nota Técnica anterior estima as perdas econômicas considerando, entre os diversos cenários de recuperação do impacto do rompimento, dois horizontes de retomada da economia e do funcionamento da empresa Samarco, quais sejam, de 2019-2031 e 2019-2034. Este estudo complementa a análise anterior fornecendo uma estimativa de recuperação do impacto e de plena operação da empresa Samarco Mineração no horizonte 2019-2028.

Estima-se a perda do PIB com base nos dados observados para os anos de 2015 a 2018 e projeta cenários alternativos de perdas futuras até o ano de 2028. A escolha do ano de 2028 se deve ao horizonte de planejamento de plena reativação das atividades da Samarco em Mariana (MG) até 2028.

Em comparação aos resultados obtidos em Nota Técnica anterior (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV), 2021), vale destacar dois principais pontos: em primeiro lugar, os valores do impacto total mensurado para o horizonte 2015-2028 de referência (que inclui o impacto estimado — de 2015 a 2018 — e o impacto sob diversos cenários alternativos de recuperação — pós-2018) são significativamente menores que o impacto no horizonte 2015-2031, uma vez que o período não é suficiente para que a economia se ajuste totalmente à situação inicial. Em segundo lugar, os valores obtidos no horizonte 2015-2031 neste estudo são maiores que os valores apresentados em Nota Técnica anterior uma vez que o Cenário de Referência aqui considera a interrupção de operação da empresa Samarco.

REFERÊNCIAS

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Synthetic control methods for comparative studies: estimating the effect of California's tobacco control program. **Journal of American statistical Association**, p. 493-505, 2010.

ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J. The economic costs of conflict: a case study of the Basque Country. **American Economic Review**, p. 113-132, 2003.

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS (FGV). **Impacto do Rompimento da Barragem de Fundão sobre a Renda Agregada de Minas Gerais e Espírito Santo**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2019. Disponível em: <www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/fgv_impacto-do-rompimento-da-barragem-de-fundao-sobre-a-renda-agregada-de-minas-gerais-e-espirito-santo.pdf>.

_____. **Reparação Individual nos Territórios de Rio Doce, Santa Cruz do Escalvado e Chopotó**: Uma Análise do Desenho, Procedimentos e da Cobertura do Cadastro, do Programa de Indenização Mediada e do Auxílio Financeiro Emergencial da Fundação Renova. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2020a. Disponível em: <www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/rosa-fortini-cadastro-afe-pim.pdf>.

_____. **Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão sobre a Renda Agregada nos Estados e Sub-Regiões de Minas Gerais e Espírito Santo**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2020b. Disponível em: <www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/fgv_impacto-do-rompimento-da-barragem-de-fundao-sobre-a-renda-agregada-nos-estados-e-sub-regioes-de-minas-gerais-e-espirito-santo.pdf/view>.

_____. **Impactos do Rompimento da Barragem de Fundão sobre a Renda Agregada de Minas Gerais e Espírito Santo: Análise de Determinantes e Canais a partir do Modelo de Equilíbrio Geral**. Rio de Janeiro; São Paulo: FGV, 2020c. Disponível em: <www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/fgv/renda-agregada-mg-e-es-modelo-de-equilibrio-geral.pdf>.

_____. **Rompimento da Barragem de Fundão: Estimativas da Perda Acumulada do PIB para os Estados de Minas Gerais e Espírito Santo**. São Paulo; Rio de Janeiro: FGV, 2021.

APÊNDICE A — Trajetórias de recuperação dos parâmetros no Cenário de Referência

A perda da renda agregada devida ao choque pode ser definida no modelo macroeconômico como resultante de uma perturbação nas seguintes variáveis (exógenas):

I Fatores de produção:

a) Oferta de capital físico no setor G (K_G);

b) Oferta de capital físico no setor M (K_M);

c) Recursos naturais do setor M (N_M);

II Condições do mercado de trabalho:

a) Probabilidade de perder o emprego no setor G (s_G);

b) Probabilidade de perder o emprego no setor M (s_M);

c) Probabilidade de encontrar emprego no setor G (f_G);

d) Probabilidade de encontrar emprego no setor M (f_M);

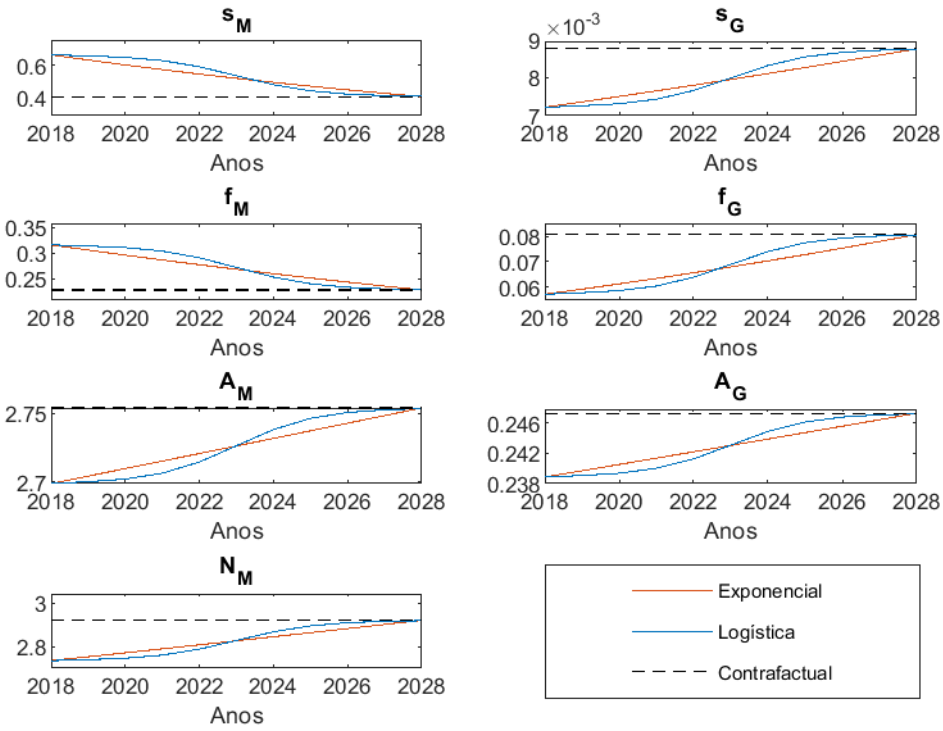
III Produtividade total dos fatores:

a) Produtividade do setor G (A_G);

b) Produtividade do setor M (A_M).

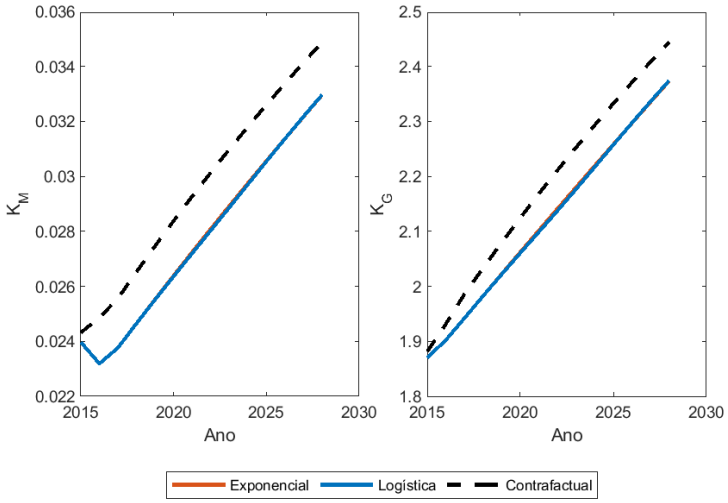
As trajetórias de recuperação das variáveis exógenas, incluindo a oferta do fator terra (recursos naturais na lista acima) que, no modelo, define a recuperação da empresa Samarco, estão descritas no Gráfico 1 e no Gráfico 2 seguintes:

Gráfico 1 — Trajetórias de recuperação (2015-2028) — PIB com ajuste: Samarco em Retomada



Fonte: Elaboração própria (2021).

Gráfico 2 — Evolução dos estoques de capital físico (2015-2028) — PIB com ajuste: Samarco em Retomada



Fonte: Elaboração própria (2021).