

DEZEMBRO 2021

Análise de Impacto do Programa Cisternas 1^a Água sobre Indicadores de Saúde



Todos os direitos reservados.

É proibida a reprodução parcial ou integral do conteúdo deste documento por qualquer meio de distribuição, digital, impresso, sem a expressa autorização do GAPPE ou de seu(s) autor(es).

Análise de Impacto do Programa Cisternas 1a Água sobre Indicadores de Saúde

Dezembro, 2021

Diogo G. C. Britto (UFPE/GAPPE e Bocconi University)

Bladimir Carrillo (UFPE/GAPPE)

Breno Sampaio (UFPE/GAPPE) (Coordenador)

Pesquisadores Assistentes:

Daniel Araújo

Yuri Barreto

Francisco Brito

Alexandre Fonseca

Caique Melo



Sumário

1	Introdução	5
2	O Programa	13
3	Revisão de Literatura	18
4	Estrutura Conceitual e Efeitos Esperados	24
5	Dados	28
5.1	CadÚnico	28
5.2	Programa Cisternas	29
5.3	Receita Federal	29
5.4	Dados de Saúde	30
5.5	Link dos dados	34
6	Metodologia	37
7	Resultados	42
7.1	Impacto sobre Mortalidade	42
7.1.A	Amostra SIM	48
7.2	Óbitos por causa	51
7.3	Hospitalizações	55
8	Conclusão e implicações políticas	61
	Referências Bibliográficas	63

I

Introdução

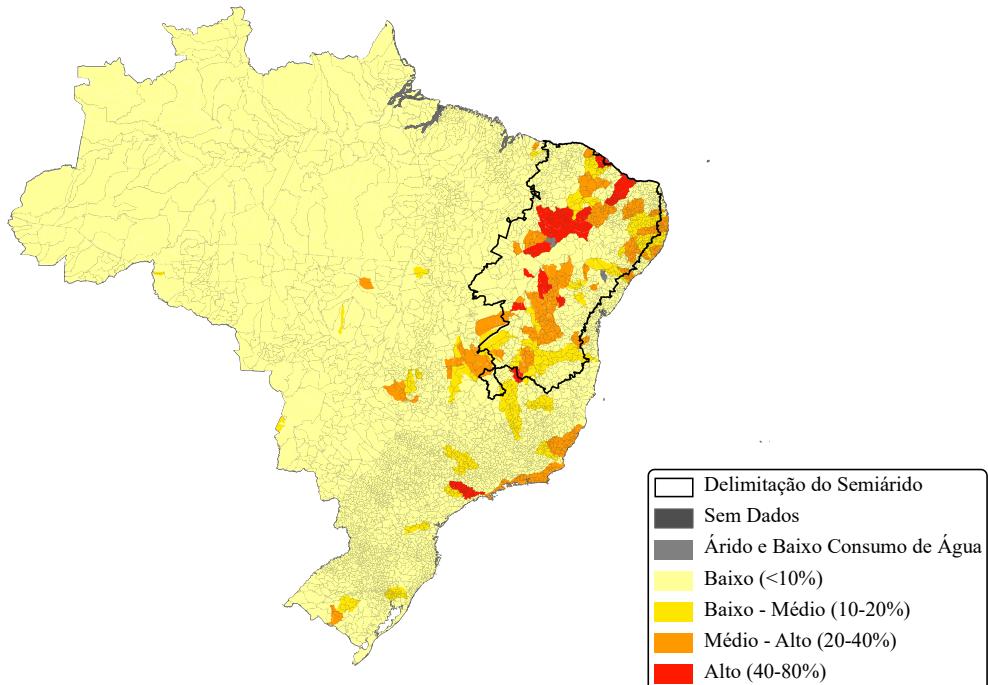
1 Introdução

O semiárido brasileiro, região que abriga aproximadamente 28 milhões de pessoas e ocupa cerca de 12% do território nacional, abrangendo 1.262 municípios¹, constitui-se um território propenso a chuvas irregulares, baixa retenção de água pelo solo e secas severas. O clima semiárido impõe um árduo *déficit* hídrico para a região marcada pela escassez de chuvas, concentradas em poucos meses do ano e distribuídas de maneira irregular. A média anual de precipitação no semiárido brasileiro varia entre 200 e 800 mm consistindo em um dos semiáridos mais chuvosos do planeta, porém, como característico de tais regiões, o índice de evaporação no semiárido brasileiro é de 3.000 mm por ano, o que configura um cenário desafiador para as famílias que vivem da agricultura e da criação de animais na região ([Asa Brasil, 2017](#)). Isso pode ser ilustrado por meio do indicador *Baseline Water Stress* (BWS) de disponibilidade de água, desenvolvido no projeto Aqueduct 2.0 do *World Resources Institute* por [Gassert et al. \(2012\)](#), o qual mede a relação entre o consumo de água (municipal, industrial, e agrícola) e a quantidade de água disponível para cada região. O mapa da Figura 1 ilustra a distribuição do índice BWS em todos os municípios brasileiros e mostra que os maiores valores do índice estão localizados na região do semiárido, o que indica uma maior necessidade por recursos hídricos na região com relação ao restante do país.

A região, cujas principais atividades econômicas são as de agricultura de subsistência e pecuária, também é marcada por baixos níveis de indicadores sociais o que é ilustrado no fato de que cerca de metade da população brasileira abaixo da linha da pobreza vive na região semiárida. Ainda, a taxa de analfabetização na região, em 2010, correspondia ao triplo da média nacional, enquanto o Produto Interno Bruto per capita igualava um terço do observado no país como um todo ([Da Mata and Resende, 2020](#)). Em aproximadamente 60% dos municípios do semiárido, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), que leva

¹De acordo com a Resolução 115, de 23 Novembro de 2017, da Sudene. Após a entrega da versão final deste relatório, a Resolução 150, de 13 de dezembro de 2021, revogou a Resolução 115, adicionando 215 municípios e trazendo a possibilidade de exclusão de 50 municípios.

Figura 1: Índice Baseline Water Stress na Região do Semiárido Brasileiro. Fonte: Elaboração própria.



em consideração indicadores de renda, educação e longevidade, varia de Muito Baixo a Baixo, além disso metade da população no Semiárido não possui renda monetária ou tem como única fonte de rendimento transferências condicionais de renda, como o Programa Bolsa Família ([Asa Brasil, 2017](#)).

Notadamente, os desafios socioeconômicos presentes na região semiárida tem sua formação influenciada pelos processos históricos e formações econômicas ocorridas no nordeste brasileiro ([Buainain and Garcia, 2013; Prado Júnior, 1960; Furtado, 2020](#)). A concentração de terras, por exemplo, associada por diversos autores ao passado escravista ([Naritomi, Soares and Assunção, 2012](#)) e associada historicamente à diversos conflitos na região semiárida, como o fenômeno do

Cangaço ([Hobsbawm, 2011](#)), ainda hoje consiste em um dos principais entraves ao desenvolvimento da região ([Asa Brasil, 2017](#)).

No que se refere à geografia, [Bobonis et al. \(2017\)](#) identificam a escassez de água como principal fonte de vulnerabilidade para as famílias rurais que vivem no semiárido brasileiro. Além disso, dadas as peculiaridades geológicas da região, a perfuração de poços, como possível solução para o suprimento das necessidades da população do semiárido, está sujeita a limitações, tais como baixas vazões, altos teores de sais (superiores ao recomendado para consumo humano) e altos índices de poços secos. Desse modo, a água para consumo doméstico e não doméstico é tipicamente obtida através da captação da água da chuva em lagoas e represas, sendo as doenças transmitidas pela água, como a diarreia, uma ameaça frequente.

Com o intuito de promover o desenvolvimento do semiárido, o Governo Federal tem promovido, ao longo das últimas décadas, uma série de ações focadas na melhoria das condições de vida na região. Nesse contexto nasce, no início dos anos 2000, o Programa Cisternas Primeira Água (PC1A) cujo principal objetivo é o de aliviar a escassez de água no semiárido, garantindo o acesso à água de qualidade. A estratégia do PC1A consiste na instalação de reservatórios próximos às casas para armazenar a água da chuva captada por calhas instaladas nos telhados. Além disso, as famílias beneficiárias recebem treinamento sobre como usar e limpar adequadamente os reservatórios. Com isso, as famílias passam a obter água potável a poucos passos de casa, evitando o sacrifício de longos deslocamentos para buscar a água necessário para o consumo doméstico e, potencialmente, melhorando a qualidade da água consumida. Além disso, o programa promove a descentralização da água que, ao invés de acumuladas em grandes açudes, as cisternas estocam um volume de água necessário para o uso da família beneficiária que passa de dependente a gestora de sua própria água.

Como ponto de partida para a elaboração do Programa Cisternas Primeira Água, o programa Um milhão de cisternas (P1MC), organizado por agentes da sociedade civil através da Articulação do Semiárido (ASA), no início dos

anos 2000, consistiu em uma primeira iniciativa no sentido de estabelecer uma solução compatível com as características da região semiárida para o problema do acesso à água. O programa P1MC apontou um novo caminho para construção de políticas públicas no sentido de garantir o direito de acesso a água de qualidade para consumo na região do semiárido com ampla participação popular, incluindo a participação das famílias contempladas em todas as etapas do processo de construção dos reservatórios de placas de cimento de 16 mil litros, o que contribui para um entendimento de que a água é um direito de todos e que a cisterna é uma conquista de toda a família.

Considerando os efeitos positivos do PM1C articulado pela ASA, o governo federal, em 2004, começou a destinar orçamento específico com o objetivo de fornecer aportes financeiros significativos destinados a construção de cisternas para armazenamento de água das chuvas. Desde então, sob a denominação de Programa Cisternas, o programa continua sendo implementado em uma parceria que envolve não só o Governo Federal, mas os governos estaduais, prefeituras e organizações da sociedade civil, tomando vantagem o Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (CadÚnico) para uma implementação focalizada na população mais vulnerável.

Ao analisar os dados do sistema de informações gerenciais do programa cisternas, [Gramkow et al. \(2020\)](#) mostram que, durante o período de 2003 a 2018, foram investidos mais de R\$ 3,6 Bilhões, beneficiando mais de 1,2 milhões de famílias, sendo 1 milhão com tecnologias voltadas para captação e armazenamento de água para consumo humano e cerca de 207 mil unidades com tecnologias a produção de alimentos, criação pequenos animais, e fornecimento de água à escolas públicas rurais.

Neste documento são avaliados os efeitos do Programa Cisternas Primeira Água sobre os indicadores de saúde dos membros dos domicílios das famílias beneficiárias que começaram a participar do PC1A entre 2011 e 2017. Essa avaliação é feita utilizando um rico conjunto de informações que mescla dados administra-

tivos do universo dos beneficiários do PC1A com microdados do Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico), microdados de internações no nível individual do Sistema de Internações Hospitalares (SIH-SUS), microdados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) e microdados de registro civil da Receita Federal do Brasil, uma análise global dos efeitos foi realizada a fim de promover um maior entendimento de como os efeitos variam de acordo com o perfil socioeconômico das famílias beneficiárias.

São dois os principais mecanismos pelos quais o PC1A pode afetar a saúde dos indivíduos. Num primeiro momento, dado que todas as famílias beneficiárias também recebem um treinamento sobre a gestão da qualidade da água, e, dado o contexto de escassez de água onde vivem a maioria dos beneficiários, as cisternas representam um choque positivo na qualidade da água consumida dentro dos domicílios e, portanto, podem reduzir a prevalência de doenças infecciosas e parasitárias, que estão diretamente relacionadas à qualidade da água consumida ([Hunter, MacDonald and Carter, 2010](#)). O segundo mecanismo é um mecanismo relacionado à renda. A cisterna pode aumentar a renda dentro dos domicílios, seja por gerar um incremento na produtividade da agricultura familiar seja por estimular uma aumento da oferta de trabalho dos indivíduos dentro do domicílio. Assim, esse incremento de renda pode se refletir na cesta de bens de consumo e alimentares dos indivíduos melhorando a saúde e bem-estar geral dos beneficiários.

Dado que o PC1A não distribuiu as cisternas aleatoriamente entre as famílias brasileiras, mas sim priorizando domicílios de baixa renda, chefiados por mulheres, com maior número de crianças em idade escolar e/ou com necessidades especiais, uma simples comparação dos indicadores de saúde de beneficiários com não beneficiários levaria à estimações viesadas do efeito causal do programa ([Angrist and Pischke, 2008; Cunningham, 2019](#)). Para contornar o problema de vies causado pela seleção não-aleatória dos beneficiários, este estudo estimou um modelo de diferença-em-diferenças controlado por efeitos fixos. Sob a assunção de

que, condicional aos efeitos fixos, as famílias beneficiárias e não beneficiárias apresentassem tendências semelhantes nos indicadores de saúde antes do início do programa, o modelo permite estimar o impacto causal do Programa Cisternas 1^a Água sobre os indicadores de saúde dos indivíduos beneficiados, contornando o problema de viés de seleção. Ainda, para testar empiricamente a hipótese de que os indivíduos que participaram do programa e os não beneficiados apresentam tendências semelhantes nos indicadores de saúde antes do programa, também foram estimadas especificações com modelos de estudo de eventos, tal como práxis na literatura (Jacobson, LaLonde and Sullivan, 1993; Autor, 2003; Goodman-Bacon, 2018; Cunningham, 2019), que também permitem conhecer a dinâmica do efeito do programa ao longo do tempo.

Os resultados encontrados mostram que a exposição ao Programa Cisternas 1^a Água causou uma significativa melhora nos indicadores de saúde dos indivíduos beneficiados. Beneficiados pelo programa observaram uma forte redução na probabilidade de óbito de, aproximadamente, 30% em relação à média do período anterior ao início do programa. Essa redução se deu, majoritariamente, por conta da redução de mortes causadas por doenças associadas à má qualidade da água para consumo, como doenças parasitárias e infecciosas. Os resultados também apontam que o PC1A não só reduziu a probabilidade de óbito dos participantes do programa, como também causou uma redução de 26% na probabilidade internação hospitalar, indicando uma melhoria geral na saúde dos beneficiários. Assim como também observado por Da Mata et al. (2021), o efeito do programa é mais forte nos grupos que, potencialmente, cumprem mais estritamente o treinamento sobre a gestão da qualidade da água das cisternas distribuídas, uma vez que o efeito estimado é maior para beneficiados com maior escolaridade, em relação a beneficiários de menor escolaridade.

O presente relatório segue a seguinte estrutura. O Programa Cisternas 1^a Água é apresentado na seção 2, onde são discutidos seu formato, objetivo e cobertura. A seção 3 realiza uma revisão da literatura, enquanto a seção 4 discute os efeitos

esperados do programa em face do que já foi apontado pela literatura especializada. Na seção 5 são discutidas e apresentadas, detalhadamente, todas as bases de dados utilizadas neste estudo, bem como os processos de *linkage* e *matching* entre elas. A seção 6 detalha a estratégia empírica adotada neste relatório para estimação do efeito causal do programa, bem como discute os pressupostos necessários para sua validade. A seção 7 apresenta os resultados das estimativas do modelo econométrico, bem como apresenta resultados de heterogeneidades dentro da amostra utilizada. Por fim, a seção 8 discute os principais resultados encontrados e conclui o relatório.

II

O Programa

2 O Programa

O Programa Cisternas Primeira Água (PC1A) tem como principal objetivo o fornecimento de acesso a água limpa e segura para famílias que vivem em áreas rurais no Brasil. O programa constrói cisternas, com placas de concreto, próximos às casas para armazenar a água da chuva, que é colhida através de calhas instaladas nos telhados. Cada tanque tem capacidade de armazenamento padrão de 16.000 litros, volume suficiente para uso doméstico (beber e cozinhar) de uma família de até seis pessoas durante o período de estiagem, que pode chegar a oito meses. As cisternas são construídas com placas de concreto pré-moldado — uma tecnologia simples e de baixo custo, de fácil escalabilidade e adequada para condições secas.²

Figura 2: Cisterna típica construída pelo PC1A

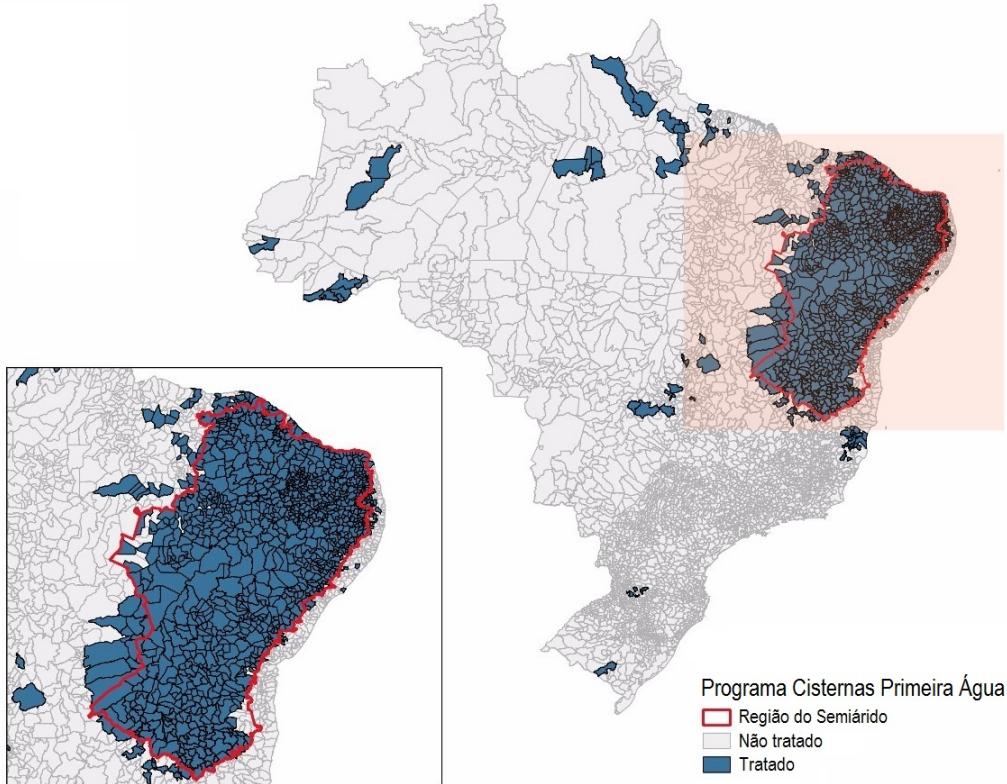


Fonte: Ministério da Cidadania

Para iniciar a implementação do programa em uma região, os implementadores contam com a força de trabalho local para construir as cisternas. Antes da construção das cisternas, as famílias contavam com fontes alternativas para obter

²Tecnologias similares de captação de água da chuva foram adotados em várias regiões do mundo (ver [Zhu et al., 2015](#)). [Mintz et al. \(2001\)](#) argumentam que “abordagens descentralizadas para tornar a água potável mais segura, incluindo desinfecção química e solar no local do uso, armazenamento seguro e mudanças de comportamento merecem alta prioridade para uma rápida implementação”. A figura 2, mostra um exemplo de cisterna construída pelo programa.

Figura 3: Programa Cisternas Primeira Água



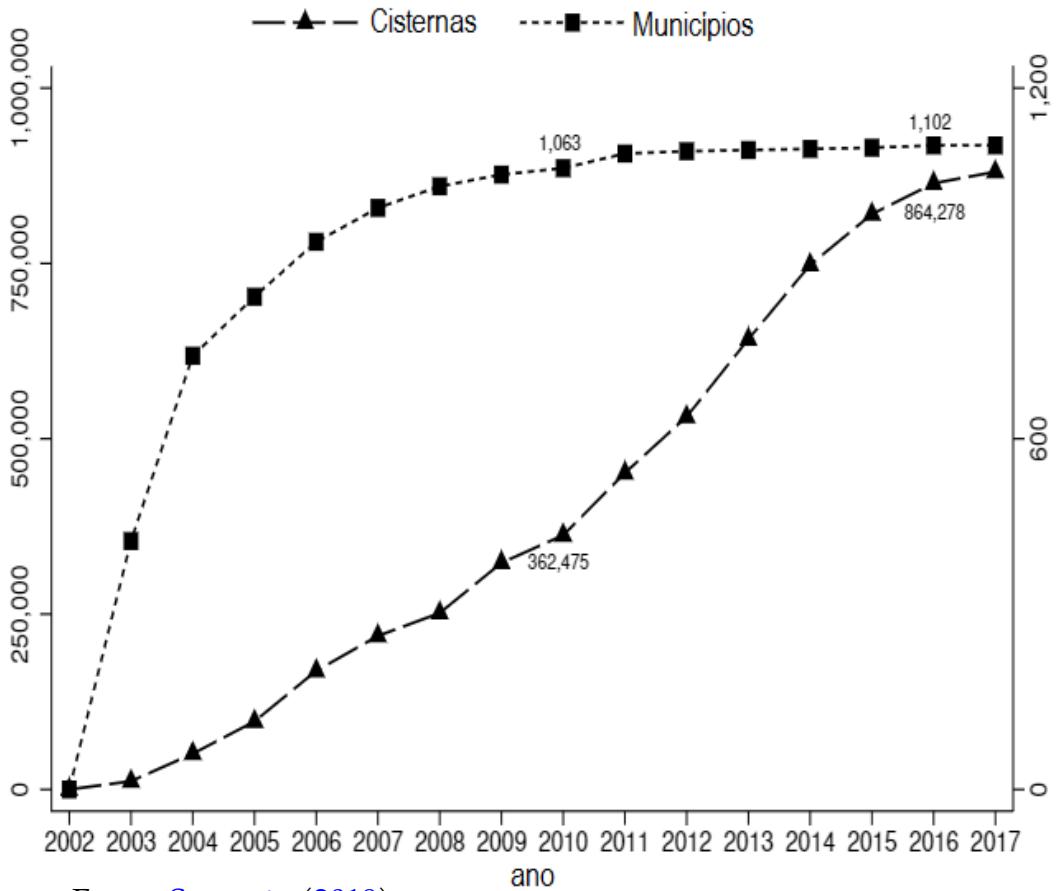
Notas. A figura mostra os municípios em que pelo menos uma família recebeu uma cisterna pelo Programa Cisternas Primeira Água entre 2003-2016. Nota-se a alta concentração de municípios do Semiárido beneficiados pelo programa. Mapas extraídos de [Sampaio \(2019\)](#).

água, como pequenos lagos e reservatórios, que são frequentemente vulneráveis à contaminação por patógenos, evidenciando o elevado potencial do programa para melhoria na saúde e qualidade de vida dos beneficiários.

O PC1A concentrou-se em fornecer cisternas para famílias que moram na área rural da região semiárida, região constantemente afetada pela escassez de água e estiagens longas. A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos municípios beneficiados pelo programa, evidenciando a maior presença de beneficiados no semiárido. De acordo com dados do Ministério da Cidadania, cerca de um milhão de cisternas foram construídas nessa região, com uma rápida expansão do programa nos últimos anos, particularmente entre 2010 e 2016 (Figura 4). Essa rápida expansão está associada à grande população rural que historicamente enfrenta severas restrições de disponibilidade e qualidade da água.

O programa disponibilizou treinamento sobre desinfecção (hipoclorito de

Figura 4: Número de cisternas e evolução do programa nos municípios da região semiárida



Fonte: [Sampaio \(2019\)](#).

sódio) para as famílias beneficiadas, num intuito de garantir uma boa qualidade da água armazenada no reservatório. Além disso, as famílias são instruídas a remover as calhas durante as secas, separar um balde de água para lidar exclusivamente com a água do tanque, cobrir as paredes externas com cal e limpar o tanque anualmente usando a primeira chuva da estação adicionada com água sanitária ([Palmeira, 2006](#)). De fato, o treinamento recebido pelas famílias beneficiadas é apontado por [Da Mata et al. \(2021\)](#) como diretamente relacionado com a qualidade da água nos reservatórios, reforçando a importância dessa etapa do programa.

A execução do programa fica a cargo de governos estaduais e entidades privadas sem fins lucrativos (selecionadas por meio de chamadas públicas) em parceria com o Ministério da Cidadania do Brasil. Esses parceiros são responsáveis

por identificar e selecionar famílias com base em critérios estabelecidos pelo governo federal (Brasil, 2018).³ Para serem elegíveis para participar do programa, as famílias que vivem em áreas rurais sem acesso regular à água devem estar registradas no Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico), do Governo Federal. O processo de seleção prioriza famílias com as seguintes características: (i) baixa renda; (ii) chefiadas por mulheres; (iii) grande número de crianças com até seis anos ou crianças em idade escolar; (iv) famílias com pessoas com necessidades especiais e (v) famílias com idosos (Brasil, 2018).⁴

³O processo de localização de famílias elegíveis é realizado em reuniões locais envolvendo diferentes entidades, como autoridades públicas locais, organizações da sociedade civil, conselhos de assistência social, entre outras.

⁴Neste estudo, idosos são definidos como aqueles com 65 anos ou mais no momento da construção da cisterna.

III

Revisão de Literatura

3 Revisão de Literatura

Diversos estudos na literatura de desenvolvimento econômico reforçam a importância do acesso a água para saúde e bem estar (Fewtrell, Organization et al., 2007; Hunter, MacDonald and Carter, 2010) e redução da vulnerabilidade social dos indivíduos (Bobonis et al., 2017), facilitando a saída das famílias da “armadilha da pobreza” (Blakeslee, Fishman and Srinivasan, 2020).

O acesso a água potável pode reduzir a incidência de diversas doenças associadas com a mortalidade infantil, como a diarreia (Kremer et al., 2011; Cairncross et al., 2010; Augier, Dovis and Lai-Tong, 2016), esquistossomose e verminoses (Briefcase, 2012). Nesse sentido, Bhalotra et al. (2021) mostram como, no início dos anos 90, uma intervenção governamental de larga escala realizada pelo Governo Mexicano (*Programa Agua Limpia*), que aumentou a parcela da população do país com acesso a água potável de 55% para 90%, foi capaz de reduzir pela metade a taxa de mortalidade infantil causada pela diarreia.

Parte da literatura de economia da saúde reforça a importância da manutenção do sistema de fornecimento da qualidade da água consumida pelas pessoas. Marcus (2021) mostra como violações abruptas na qualidade da água potável em cidades nos Estados Unidos aumentaram a incidência de doenças como diarreia e verminoses, bem como aumentaram a incidência de faltas na escola de crianças expostas ao problema. Nesse sentido, utilizando microdados sobre os serviços de abastecimento de água na cidade de Lusaca, na Zâmbia, Ashraf et al. (2021) estudam os impactos de interrupções inesperadas no sistema de fornecimento de água em algumas regiões da cidade sobre indicadores de saúde e encontram que as interrupções tiveram efeitos significantes sobre os casos de diarréia e febre tifóide, o que sugere uma substituição da fonte de água utilizada para consumo por outra de qualidade inferior. Além disso, os autores encontram impactos das interrupções sobre os casos de doenças do sistema respiratório, sugerindo tanto um possível enfraquecimento do sistema imunológico dos indivíduos, causado substituição por outras fontes de água de menor qualidade, quanto uma

diminuição da frequência de procedimentos de higiene, como lavagem das mãos devido ao fornecimento de água prejudicado.

Uma outra vertente da literatura aponta que a exposição *in utero* a períodos de escassez de chuva está associada a piores indicadores de saúde das crianças afetadas ao nascer. Em um estudo realizado na província de Guizhou, no Sudeste da China, [Lin, Liu and Xu \(2021\)](#) mostram que a escassez de água, causada por choques negativos nos volumes das chuvas, está fortemente correlacionada com um nível mais alto de mortalidade infantil e um menor peso ao nascer. No contexto brasileiro, [Rocha and Soares \(2015\)](#) analisam os impactos das flutuações nos níveis de chuvas, no semiárido brasileiro, durante a gestação e apresentam uma evidência robusta de que a exposição *in utero* a períodos de escassez devidos a choques negativos nos volumes de chuva, está associada a um menor peso ao nascer, maior mortalidade infantil e menor período de gestação. Na mesma linha, [Carrillo \(2020\)](#), utilizando informações sobre as datas exatas de nascimento de indivíduos na Colômbia, mostra que a exposição à secas no período gestacional torna os indivíduos mais propensos a manifestarem transtornos mentais no longo prazo, bem como apresentarem menos anos de escolaridade e uma menor probabilidade de estarem no mercado de trabalho.

Além do problema da escassez de água pela falta de chuvas, problemas relacionados ao acesso à água potável no período gestacional também estão associados a problemas de saúde neonatal. Examinando dados de registros de nascimento e testes de qualidade da água para o estado de Nova Jersey, entre 1997 e 2007, [Currie et al. \(2013\)](#) encontram que gestantes que moram em áreas cuja água oferecida apresenta maiores índices de contaminação apresentam piores indicadores de saúde fetal com relação às gestantes de outras localidades, com destaque para um efeito mais forte sobre peso ao nascer e incidência de gravidez prematura para mulheres com menos escolaridade.

Programas de infraestrutura que visam facilitar o acesso à água potável para o consumo humano possuem grande potencial para melhorar os indicadores de

saúde das populações beneficiárias, por exemplo, [Zhang \(2012\)](#) investiga os efeitos de um programa de construção de estações de tratamento de água e sistemas de dutos para fornecimento de água para consumo humano na China rural durante os anos 80 e estimam que a implementação do programa resultou em uma diminuição de 11% nos casos de doenças relacionadas ao consumo inadequado da água. Além disso, o autor registra efeitos positivos na relação peso altura da população alvo do programa, com efeitos heterogêneos que variam de um aumento médio de 0,835 kg/m para a população adulta, como um aumento de 0,446 kg/m para população infantil. [Alsan and Goldin \(2019\)](#) investigam, utilizando a metodologia de diferença em diferenças, como o programa MWD (*Metropolitan Water District*), uma intervenção que instituiu melhorias significativas na distribuição de água encanada e sistema de esgoto na região da grande Boston, no estado de Massachusetts, no final do século 19, e estimam que o programa teve como resultado um declínio considerável na mortalidade infantil no estado de Massachusetts, sendo responsável por aproximadamente um terço de todo o declínio do indicador durante o período entre 1880 e 1920.

Tabela 1: Revisão da Literatura: evidências sobre o impacto de melhor acesso à água sobre indicadores de saúde

Autor(es) / Journal	Objetivos	Método	Descobertas
Kremer et al. (2011) / Quarterly Journal of Economics	Investigar o impacto da melhoria na qualidade da água consumida por meio da expansão de um programa de limpeza de poços artesianos sobre saúde infantil.	Experimento aleatorizado controlado (RCT)	Resultados indicam que fornecer um sistema de melhoria da qualidade da água consumida reduz em até um quarto a prevalência de diarreia em crianças beneficiadas.
Cairncross et al. (2010) / International Journal of Epidemiology	Mensurar a redução do risco de diarreia relacionado a programas de estímulo ao hábito de lavar as mãos e melhorias da qualidade da água consumida sobre saúde dos indivíduos.	Revisão sistemática da literatura.	Os autores encontram reduções de risco de diarreia de 48, 17 and 36% associadas respectivamente à lavagem das mãos com sabão, melhoria da qualidade da água consumida e melhoria do saneamento.
Bhalotra et al. (2021) / American Economic Journal: Economic Policy	Investigar o impacto de um programa de larga escala de desinfecção de água em municípios Mexicanos no ano de 1991, explorando a variação no <i>timing</i> de exposição ao programa.	Modelo de diferença-em-diferenças e estudo de eventos.	O programa de melhoria da qualidade da água consumida causou uma redução de 37-48% nos indicadores de mortalidade por diarreia dos municípios beneficiados.
Marcus (2021) / The Review of Economics and Statistics	Investigar o efeito de mudanças drásticas no fornecimento e qualidade da água sobre saúde e comportamento dos indivíduos.	Modelo de diferença -em-diferenças	Municípios afetados por uma mudança brusca na qualidade da água consumido observaram um aumento de cerca de 14% no número de visitas à emergência hospitalar por problemas gastrointestinais.
Ashraf et al. (2021) / Economica	Investigar os efeitos de interrupções no fornecimento de água sobre indicadores de saúde na Tanzânia.	Modelo de diferença-em-diferenças.	As interrupções no fornecimento de água levaram a um aumento de cerca de 13% e 14% nos casos de diarreia e febre tifoide e um aumento de 12% em doenças respiratórias
Lin, Liu and Xu (2021) / Health Economics	Mensurar o efeito de exposição à secas prolongadas em indicadores de saúde infantil na China, explorando variações em indicadores pluviométricos.	Modelo de efeitos fixos.	Os autores encontram que um aumento de um desvio padrão na média histórica de chuvas está associada a uma redução de 6.8% nas taxas de mortalidade infantil, indicando uma associação positiva entre acesso à água e saúde.
Rocha and Soares (2015) / Journal of Development Economics	Utilizando dados sobre flutuação nos índices de chuva no semiárido brasileiro, os autores investigam a relação entre secas e indicadores de saúde nos municípios.	Modelo de efeitos fixos.	Os autores encontram que um aumento de um desvio padrão na média histórica de chuvas está associada a uma redução de 5% nas taxas de mortalidade infantil. Os autores também mostram que um episódio de seca durante a gestação aumenta a probabilidade de mortalidade infantil em cerca de 10%.
Da Mata et al. (2021) / Social Science Research Network (SSRN)	Mensurar como a exposição ao Programa Cisternas 1º Água durante o período de gestação (exposição <i>in utero</i>) impacta na indicadores de saúde neonatal das famílias beneficiadas pelo programa na região do semiárido, utilizando informações sobre a data exata de nascimento dos indivíduos.	Modelo de diferença-em-diferenças.	Os autores estimam que crianças expostas às cisternas <i>in utero</i> , em média, observaram um incremento de 1.4-1.5 gramas no peso ao nascer.
Oliveira (2021) / International Fund for Agricultural Development (IFAD)	Mensurar os impactos de exposição a secas sobre indicadores de saúde e educação de crianças, adolescentes e jovens adultos em municípios da região nordeste do Brasil.	Modelo de efeitos fixos.	Os autores estimam que a ocorrência de secas causa um aumento de 1.8% pontos percentuais nas taxas de mortalidade infantil dos municípios, 34% p.p. na taxa de nascimentos prematuros e 6.8% p.p. na taxa de nascimentos abaixo do peso.

No Brasil, [Mata et al. \(2020\)](#) investigam como a exposição ao Programa Cisternas durante o período de gestação (exposição *in utero*) impactou na melhora dos indicadores de saúde neonatal das famílias beneficiadas pelo programa na região do semiárido. Os autores demonstram que o acesso à cisterna durante o período de gestação aumenta o peso da criança ao nascer, destacando que o efeito é maior entre mulheres mais educadas, o que sugere que pessoas mais educadas estão mais propensas a seguir as orientações sobre o procedimento de desinfecção da água do reservatório que são ofertadas através de treinamentos às famílias beneficiárias. Ainda para o caso brasileiro, [Oliveira \(2021\)](#) analisam os impactos da exposição à choques negativos na quantidade de chuvas nos municípios localizados na região Nordeste sobre a saúde de crianças, adolescentes e jovem adultos. Os autores mostram que a ocorrência de secas causa um aumento na mortalidade infantil e uma significativa piora em outros indicadores de saúde, como indicadores de mortalidade por doenças infecciosas e diarreia.

IV

Estrutura Conceitual e Efeitos Esperados

4 Estrutura Conceitual e Efeitos Esperados

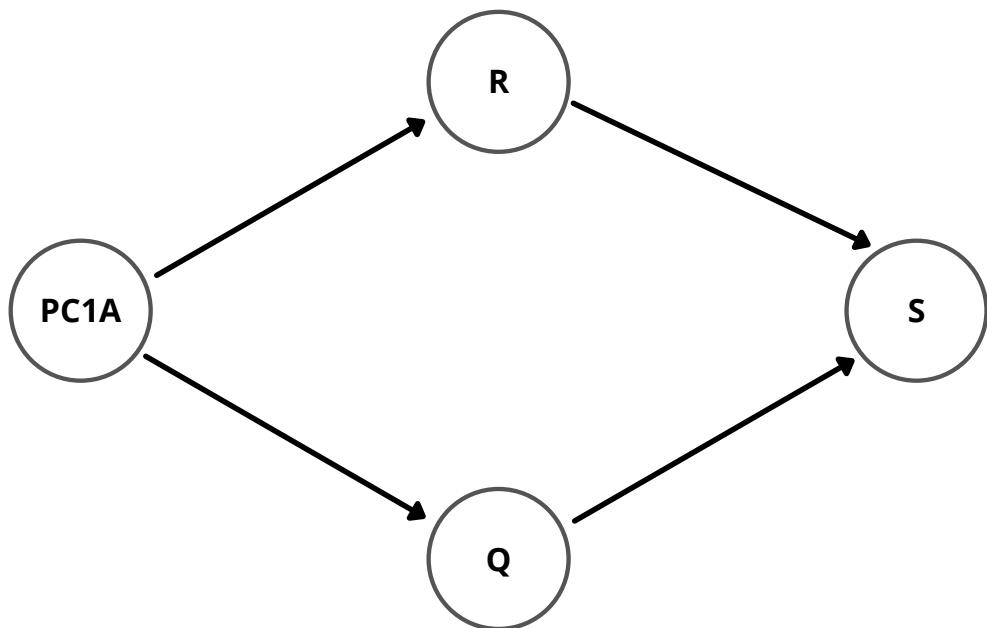
Levando em consideração a literatura existente relacionando o acesso à água ao bem estar dos indivíduos bem como os objetivos do Programa Cisternas 1^a Água descritos anteriormente, são dois os principais mecanismos pelos quais espera-se que à exposição ao programa pode afetar a saúde dos indivíduos, um mecanismo direto e um mecanismo indireto.

O primeiro mecanismo é um mecanismo direto, e diz respeito, especificamente, à ampliação e melhoria do acesso a água. Como já mencionado anteriormente pela literatura médica, a falta de qualidade da água consumida está diretamente associada ao surgimento de diversas doenças que podem, inclusive, levar os indivíduos a óbito. Dado que o PC1A prioriza indivíduos de baixa renda residentes na região semiárida, o recebimento da cisterna somado ao treinamento oferecido implica num grande aumento da oferta e qualidade da água para os beneficiários. Logo, espera-se que os beneficiários observem uma redução na prevalência de doenças ligadas à escassez ou condição da água para consumo. Este mecanismo direto é o principal alvo de investigação deste estudo.

O segundo mecanismo, é um mecanismo indireto e se reflete na possibilidade de um melhor acesso a água ajudar as famílias a escaparem de uma armadilha da pobreza. A economia de tempo para a coleta de água causada pelo recebimento de uma cisterna pode se converter em ganho de renda para as famílias beneficiadas, aumentando, por exemplo, a oferta de trabalho de outros membros do domicílio. Além disso, embora as cisternas tenham como objetivo o uso doméstico, parte da água pode também ser usada na produção, aumentando os rendimentos das famílias beneficiadas. Assim, esse potencial incremento de renda advindo do recebimento de uma cisterna pode se refletir também em uma melhoria da saúde dos indivíduos, que terão acesso a mais bens de consumo e uma melhor cesta de alimentos. Embora não seja alvo de investigação do presente relatório, o mecanismo indireto é investigado na contraparte desse relatório, que investiga o impacto do PC1A sobre o mercado de trabalho.

Para melhor entendimento da estrutura conceitual apresentada acima, a Figura 5 sumariza os mecanismos direto (melhoria da qualidade da água) e indireto (incremento da renda) num diagrama de causalidade, onde Q representa a qualidade da água para consumo, R representa a renda dos indivíduos e S representa algum indicador de saúde.

Figura 5: Diagrama de Causalidade: Efeito do PC1A sobre a saúde dos beneficiários



Fonte: Elaboração própria

No diagrama, cada seta apresenta a direção esperada do efeito causal de uma variável sobre outra. Por exemplo, se $X \rightarrow Y$, a variável X causa Y, mas a variável Y não causa X. Assim, o Programa Cisternas 1ª Água, ao levar uma forma de acesso à água à regiões onde há escassez do recurso e ao promover um treinamento para melhoria da qualidade da água, reduz o risco de doenças relacionadas ao consumo de água, como diarreia e doenças parasitárias, potencialmente causando uma melhoria na saúde dos beneficiários. Este caminho de causalidade é representado no diagrama por $PC1A \rightarrow Q \rightarrow S$. Ainda, como discutido anterior-

mente, o maior acesso à água pode causar um aumento na renda dos indivíduos que se refletirá num melhor consumo de alimentos e outros bens, causando uma melhoria na saúde, isto é, $PC1A \rightarrow R \rightarrow S$.

V

Dados

5 Dados

Nesta seção serão apresentadas todas as bases de dados de diferentes fontes usadas para a avaliação de impacto do P1CA, bem como serão detalhados os procedimentos adotados para relacioná-las. A base de dados final utilizada no presente relatório é resultado do cruzamento entre os microdados identificados ao nível dos indivíduos presentes no CadÚnico, dados dos beneficiários do Programa Cisternas 1^a Água, microdados de registro civil da Receita Federal e, por fim, indicadores de saúde disponibilizados no Sistema de Internações Hospitalares (SIH) e Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM).

5.1 CadÚnico

O Cadastro Único para Programas Sociais do Governo Federal (Cadastro Único ou CadÚnico) é um registro integrado de cerca de 80 milhões de pessoas em situação de pobreza e pobreza extrema. Os registros do CadÚnico reúnem todos os indivíduos de todas as famílias beneficiadas por algum programa de assistência social do governo federal, como, por exemplo, o Programa Bolsa Família. A partir do conjunto de dados do CadÚnico é possível obter informações sobre a data de nascimento, sexo, escolaridade, o número do registro no Cadastro de pessoa física (CPF), endereço e perfil de renda dos indivíduos cadastrados. As informações do CadÚnico dividem-se em dois grandes blocos: famílias e indivíduos. O primeiro bloco contém informações referentes aos domicílios das famílias, tais como endereço, renda média familiar e situação do cadastro da família e programas sociais. O segundo consiste em características dos indivíduos, tais como idade, sexo, estado civil, escolaridade, filiação, trabalho, entre outros. O *link* entre os dois blocos torna possível definir quais indivíduos compõem cada unidade familiar a partir de um identificador comum aos blocos. Neste estudo, o CadÚnico fornece um vínculo direto entre o beneficiário e os membros de sua respectiva família, sendo utilizado para coleta de dados socioeconômicos de cada membro de cada família

cadastrada no programa PC1A.

5.2 Programa Cisternas

Os dados administrativos do Programa Cisternas Primeira Água (PC1A) incluem os registros detalhados de todos os chefes de família beneficiados pelo programa. Os dados identificam cada beneficiário pelo nome, data de nascimento, município de residência e número do registro no Cadastro de Pessoa Física (CPF), o que permite o *link* com os dados do conjunto de dados do CadÚnico. Além dos dados utilizados para a identificação dos usuários, o conjunto de dados do Programa Cisternas também inclui dados sobre as datas exatas de início e fim do processo de construção de cada cisterna, que dura em torno de dois a três dias, isso permite identificar o *timing* do início da exposição ao programa PC1A para cada família beneficiária.

5.3 Receita Federal

O conjunto de microdados do Cadastro de Pessoas Físicas do governo federal (CPF) compõe uma base de dados de registro civil gerenciado pela Secretaria Receita Federal do Brasil (RFB), que armazena informações cadastrais de contribuintes inscritos compulsoriamente no CPF, ou de cidadãos que se inscreveram voluntariamente no cadastro.

Cada indivíduo pode inscrever-se uma única vez no Cadastro de Pessoa Física, isso implica que o número do registro de cada indivíduo é único e definitivo para cada um. Além disso, não há idade mínima para inscrição (por exemplo, recém-nascidos podem ser inscritos no Cadastro) e também é permitida a inscrição de brasileiros ou estrangeiros, residentes no Brasil ou no exterior. Para se ter ideia da abrangência da utilização do CPF em território nacional, embora a principal função do registro no Cadastro de Pessoa Física seja a de servir como identificação dos contribuintes do Imposto de Renda no Brasil, o registro não serve apenas

para isso. O registro no CPF é requisito para participação em diversas atividades formais, tais como matrículas em Universidades, participação em Concursos Públicos, abertura de conta em banco, obter Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS), passaporte, entre outros.

Os microdados do CPF utilizados neste trabalho são compostos de informações sobre todos os registros no CPF, para nascidos até o período de Setembro de 2020, totalizando cerca de 255,4 milhões de indivíduos. Portanto, os dados são organizados em nível de indivíduo cadastrado e contém informações como nome completo de cada indivíduo, número de registro no CPF, data de nascimento, ano de falecimento (não é possível identificar a causa de morte neste conjunto de dados), gênero, nacionalidade. Além disso, o conjunto de microdados do CPF contêm algumas informações sobre o preenchimento das declarações de imposto de renda dos contribuintes, tais como informações sobre o perfil socioeconômico do dependente (filho, enteado, irmão, menor pobre ou não, pais, cursando universidade/escola técnica, incapacidade física/mental, etc.), além do histórico de endereços para toda a população adulta registrada no CPF, o que torna possível o acesso à localização da residência de cada indivíduo ao longo do tempo.

5.4 Dados de Saúde

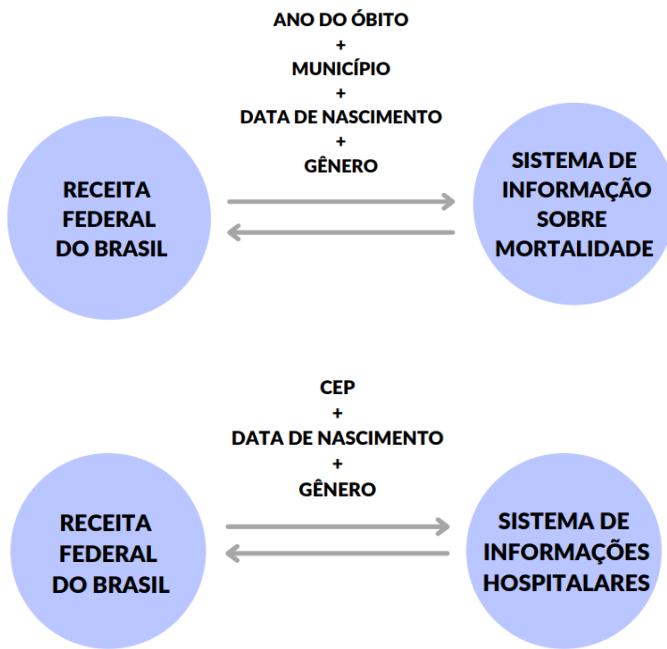
Os dados de óbito são decorrentes do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM) do Ministério da Saúde do Brasil. Este sistema fornece informações diárias, sobre mortalidade às autoridades locais e federais, reivindicando cobertura global dentro das fronteiras nacionais, incluindo causas de cada óbito de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10). Dessa forma, cada observação presente na base de dados do SIM corresponde a um atestado de óbito, permitindo ao pesquisador conhecer o universo de óbitos registrados no Brasil desde 1996.

Os dados sobre internações hospitalares foram extraídos do SIH. Esse sistema, também administrado pelo Ministério da Saúde, é o registro oficial do governo

para todas as admissões de pacientes nos hospitais públicos brasileiros, cobrindo todo o território nacional. Ele contém informações diárias sobre as causas de internações de acordo com a Classificação Internacional de Doenças (CID-10), juntamente com várias outras variáveis importantes, como o custo incorrido para internação hospitalar e se o paciente morreu após a internação. Assim como na base de dados do SIM cada observação corresponde a um atestado de óbito, na base de dados do SIH, cada observação corresponde a um paciente.

Embora ambos os dados do SIH/SIM disponibilizados pelo Ministério da Saúde contenham informações demográficas como, por exemplo, gênero, raça, data de nascimento e CEP, para todos os indivíduos, informações como o nome ou CPF não estão disponíveis, impossibilitando, num primeiro momento, uma identificação exata. Para recuperar o CPF dos indivíduos presentes no SIH e SIM, foi executado um procedimento de *matching* utilizando os dados da Receita Federal apresentados anteriormente. O processo é detalhado na Figura 6.

Figura 6: Identificação dos dados de mortalidade e hospitalização



Fonte: Elaboração própria.

O link dos dados da Receita Federal com os dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade foi realizado utilizando 4 chaves, a saber, o ano do óbito, município de nascimento, data de nascimento e gênero. Isto é, os indivíduos que apresentaram exatamente as mesmas informações para todas essas variáveis em ambas as bases de dados foram relacionados. Dessa forma, foi possível identificar, de forma unívoca, 71% das pessoas que morreram em um determinado ano, no Nordeste, utilizando apenas estas variáveis.

A identificação dos indivíduos presentes nos dados do Sistema de Internações Hospitalares também foi feita por meio dos dados da Receita Federal. O link entre as duas bases utilizou o CEP, a data de nascimento e o gênero dos indivíduos como chave. Assim, no Nordeste, foi possível identificar 67% das pessoas de forma unívoca utilizando apenas essas variáveis.

Neste ponto, é importante salientar as implicações do processo de matching

realizado entre os dados da Receita e do SIM/SIH sobre a amostra final utilizada no presente estudo. Se um indivíduo está presente na base de dados da Receita Federal, que compõe o universo de adultos brasileiros registrados, mas não foi encontrado (isto é, não foi possível estabelecer um match) na base do SIH, por exemplo, este indivíduo continuará presente na amostra final, mas será considerado não hospitalizado. Isso significa que embora o processo de matching não perca observações, ele pode levar a erros de medida, subestimando o número de indivíduos considerados hospitalizados.

Um exemplo da limitação do processo de *matching* adotado pode ser visualizado a seguir. Suponha-se um grupo de 3 indivíduos, *A*, *B* e *C*, que estejam presentes nos registros da Receita Federal, tendo dois deles (*A* e *B*) sido hospitalizados, isto é, 66% do grupo. Ambos os indivíduos hospitalizados estão, naturalmente, presentes na base de dados do SIH. Agora, suponha que dos dois indivíduos hospitalizados, apenas *A* é identificado univocamente por meio do CEP, data de nascimento e gênero na base de dados de internações hospitalares. Seguindo naturalmente o processo de *matching*, o indivíduo *A* poderá ser codificado como hospitalizado, pois está presente e pode ser identificado em ambas as bases. Uma vez que não é possível identificar *B* na base de dados do SIH, ele será codificado como não hospitalizado, mesmo tendo sido de fato hospitalizado. Isso implicaria que o percentual de hospitalizados estimados no grupo fosse de 33%, uma subestimação do valor real (66%), mas o grupo manteria exatamente o mesmo tamanho (3 indivíduos).

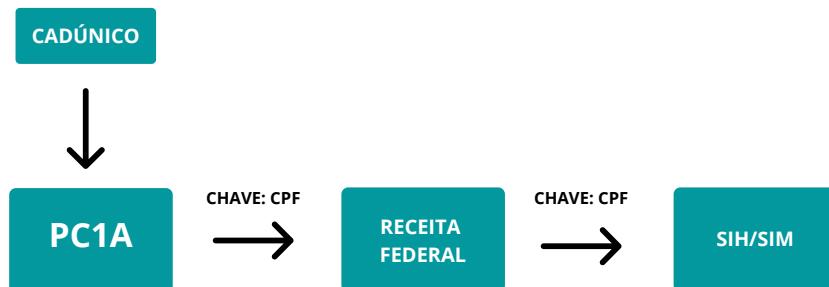
Dado que a probabilidade de ser identificado univocamente pelas chaves de CEP data de nascimento e gênero (SIH) ou pelo ano do óbito, data e município de nascimento (SIM) não parece estar correlacionada com nenhuma característica específica dos indivíduos, espera-se que eventuais erros de medida introduzidos pelo *matching* sejam aleatoriamente distribuídos entre os beneficiários e não beneficiários do PC1A, não afetando, portanto, comparações entre os grupos. De fato, na seção 7.1.A, foram realizados e discutidos alguns exercícios empíricos que bus-

cam investigar em que medida estes erros de medida afetam os resultados principais.

5.5 Link dos dados

O cruzamento das diferentes bases de dados utilizadas neste relatório foi feito em três etapas, detalhadas no fluxograma da Figura 7. Na primeira etapa, cada indivíduo presente na base de dados do PC1A foi *linkado* a uma família nos microdados do CadÚnico, utilizando o CPF como chave única para o *link*. Isto é, embora os dados do PC1A contenham apenas o(a) chefe de cada família, todos os indivíduos presentes nos microdados do PC1A também estão presentes no CadÚnico, tornando possível, para cada família, identificar o *timing* exato de recebimento da cisterna, acrescentando mais indivíduos à base de dados do PC1A.

Figura 7: Fluxograma do link de bases de dados



Fonte: Elaboração própria.

Na segunda etapa, para cada indivíduo identificado no cruzamento dos dados do PC1A e CadÚnico, utilizando o CPF como chave única, foram extraídas as informações referentes à data exata de óbito nos microdados de registro de pessoas físicas da Receita Federal, principal variável de interesse neste relatório.

É importante notar que embora os microdados da Receita Federal apresentem a exata data de óbito de cada indivíduo, não é possível identificar a causa da morte.

Dessa forma, a terceira etapa do cruzamento de dados teve como objetivo obter informações mais detalhadas sobre a saúde dos indivíduos presentes na amostra principal. Para isso, usando os dados identificados do SIH e SIM e utilizando o CPF como chave única, foi possível obter a frequência e causas de hospitalizações, bem como a causa de óbito, de acordo com a CID-10, dos indivíduos presentes na base principal. É importante lembrar, por outro lado, que parte dos indivíduos presentes nos dados do SIM e SIH não foram identificados com sucesso, o que implica que não foi possível resgatar a causa da morte/hospitalização para estes indivíduos. Como já discutido anteriormente, isso significa que um indivíduo que não pode ser identificado na base do SIM/SIH é considerado como vivo ou não-hospitalizado, na amostra referente às causas da morte/hospitalizações. Finalmente, a base de dados final inclui informações sobre todos os indivíduos beneficiados, identificados através do processo descrito anteriormente, bem como indicadores de mortalidade e hospitalização por causa.

VI

Metodología

6 Metodologia

A estratégia empírica, a ser adotada para estimar os impactos do PC1A sobre os indicadores de saúde dos indivíduos beneficiados explora a expansão escalonada do programa. Especificamente, usa-se o fato de que algumas famílias foram tratadas em diferentes momentos do tempo para implementar a técnica de Diferença-em-Diferenças (DiD) com variação no *timing* da adoção do programa.

A técnica de Diferença-em-Diferenças (DiD) foi utilizada pela primeira vez por [Snow \(1855\)](#) numa tentativa de mostrar a relação entre a qualidade da água consumida e a disseminação de cólera em Londres, no século XIX. Na literatura econômica, [Card and Krueger \(2000\)](#) também utilizaram o estimador de DiD para medir o efeito de uma política de aumento do salário mínimo sobre emprego nos Estados Unidos. Desde então, o método se aprimorou e constitui-se, hoje, como uma das principais ferramentas utilizadas na literatura acadêmica para investigação de causalidade e avaliação de políticas públicas ([Goodman-Bacon, 2021](#)). O estimador canônico de DiD é obtido pela diferença no *outcome* observado (aqui, indicadores de saúde) antes e depois do tratamento para os tratados, menos a diferença no *outcome* observado no mesmo período para os não tratados [Angrist and Pischke \(2008\)](#). No presente estudo, o tratamento corresponde ao Programa Cisternas 1^a Água, e os indivíduos tratados são aqueles beneficiados pelo programa, isto é, que receberam uma cisterna em algum momento do tempo. Formalmente,

$$\begin{aligned}\beta = & E[Y|C = 1, t = 1] - E[Y|C = 1, t = 0] \\ & - E[Y|C = 0, t = 1] - E[Y|C = 0, t = 0]\end{aligned}\tag{1}$$

Onde C é uma variável dummy = 1 para indivíduos beneficiários do programa e zero para não beneficiários, t é uma dummy indicando o período pré tratamento ($t = 0$) e pós tratamento ($t = 1$) e Y corresponde a algum indicador de saúde

dos indivíduos. O parâmetro de interesse a ser estimado β é o efeito causal da participação no PC1A sobre a saúde dos beneficiários. A equação 1 estabelece que, para estimar β , é necessário conhecer a média no *outcome* de interesse para um grupo de indivíduos que não foram tratados. No presente estudo, a base de dados utiliza apenas indivíduos que serão eventualmente tratados em algum período do tempo analisado. Isto implica que indivíduos tratados mais tarde, servirão como parte do grupo de controle para os indivíduos que receberam uma cisterna mais cedo, como ilustrado no seguinte exemplo. Sejam dois indivíduos, A e B , tais que ambos receberam uma cisterna em algum momento do tempo. O indivíduo A recebeu uma cisterna no ano de 2004, enquanto o indivíduo B foi beneficiado apenas em 2010. Assim, o indivíduo B servirá como parte do grupo de controle para o indivíduo A durante o período em que ainda não foi tratado, isto é, de 2004 a 2009.

Assim, com os dados apresentados na seção anterior, é possível estimar o parâmetro β , apresentado na equação 1, seguindo a especificação econométrica descrita na equação 2:

$$Y_{it} = \beta \cdot \mathbf{Treat}_{it} + \mathbf{X}'_{itj} \Theta + \gamma_{jt} + \mu_i + \varepsilon_{it} , \quad (2)$$

em que Y_{it} é uma das variáveis de resultado de interesse, como por exemplo algum indicador de saúde, para o indivíduo i observado em ano t no município j . O vetor \mathbf{X} inclui características básicas dos indivíduos para controlar por diferenças correlacionadas com a adoção do programa e a variável dependente de interesse. O efeito fixo de município-por-ano (jt), γ_{jt} , controla não parametricamente para os determinantes municipais das variáveis de interesse, fixos por estado a cada período de tempo. O efeito fixo de indivíduo, μ_i , controla não parametricamente para eventuais determinantes individuais das variáveis de saúde, fixas no tempo, enquanto ε_{it} representa o erro padrão.

É importante notar que, na estimação de um modelo de diferença-em-

diferenças, deve-se atentar para a forma como os erros-padrão são estimados, uma vez que, por exemplo, a não utilização de *clusters* para os erros pode levar a uma subestimação do erro-padrão, e portanto, fazer com que efeitos não estatisticamente distintos de zero sejam considerados estatisticamente significantes ([Bertrand, Duflo and Mullainathan, 2004](#)). Uma primeira alternativa seria clusterizar os erros ao mesmo nível da variável de tratamento, isto é, no nível dos indivíduos, evitando a correlação serial proveniente de características idiossincráticas dos indivíduos presentes no termo do erro que se repetem no tempo. Por outro lado, essa alternativa não seria suficiente para capturar a correlação na alocação do programa entre famílias morando no mesmo município, que pode ocorrer caso famílias em um determinado município tenham mais acesso à assistência técnica para as cisternas devido à alguma característica do município, como, por exemplo, a existência de melhores rodovias. Portanto, optou-se, de forma mais conservadora, por *clusterizar* os erros-padrão ε_{it} no nível dos municípios, reduzindo a preocupação com a correlação serial no termo do erro.

O pressuposto chave para interpretar os resultados de forma causal é a hipótese de tendência comum. Sob essa hipótese, na ausência do programa, os indicadores de saúde dos beneficiários tratados em diferentes momentos do tempo teriam seguido trajetórias semelhantes. Avalia-se a plausibilidade desse pressuposto através de diferentes exercícios econométricos de robustez. O principal destes é a estimação de uma especificação não paramétrica (*event-study*) que mede os efeitos do programa detalhadamente antes e depois da sua adoção, permitindo testar empiricamente a hipótese de trajetória comum no período pré-programa.

Para tanto, estima-se a equação dada por:

$$Y_{it} = \sum_{k=-M}^N \beta_k \cdot \mathbf{Treat}_{ik} + \mathbf{X}'_{itj} \Theta + \gamma_{jt} + \mu_i + \varepsilon_{it} , \quad (3)$$

onde os coeficientes β_k para $k \geq 0$ estimarão os efeitos dinâmicos do programa (*lags*), enquanto os mesmos coeficientes para $k \leq 0$ estimarão efeitos de

antecipação (*leads*).

O modelo de Diferença-em-Diferenças (DiD) baseia-se na hipótese da tendência comum, sob a qual a trajetória temporal da variável de resultado para o grupo de controle deve representar o que ocorreria com o grupo tratado caso não existisse a intervenção. A validade da hipótese de tendência comum não pode ser testada diretamente nos dados, porém uma boa indicação de que tal hipótese é válida aparece quando as trajetórias das variáveis de resultado de interesse são parecidas no período pré-intervenção. A principal ideia é a de que se tais trajetórias se assemelham durante o período pré-intervenção, então seria razoável a suposição de que a evolução da variável resultado do grupo de controle se assemelha àquela que o grupo de tratados experimentaria na situação de não tratamento (situação contrafactual). Assim, um teste muito comum, e bastante intuitivo, a ser realizado, quando existem dados pré-intervenção para as variáveis de resultado a serem testadas, é o de verificar se tais variáveis possuem tendências temporais similares para ambos os grupos no período pré intervenção.

VII

Resultados

7 Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados do modelo de diferença-em-diferenças, tal como descrito nas equações 2 e 3, medindo o impacto da exposição ao PC1A sobre os indicadores de mortalidade e saúde das famílias beneficiárias. Inicialmente são apresentados os resultados para os efeitos da exposição ao PC1A sobre os indicadores de mortalidade dos indivíduos que pertencem às famílias beneficiárias utilizando microdados do Cadastro de Pessoas Físicas do Governo Federal. Além disso, utilizando dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade, são apresentados os efeitos da intervenção sobre os indicadores de mortalidade dos indivíduos que pertencem às famílias beneficiárias e que foram identificados na base de dados do SIM através do procedimento de *matching*, conforme detalhado na seção 5.4. Em seguida, são apresentados os resultados dos efeitos da Exposição ao PC1A sobre mortalidade desagrupados pelas causas dos óbitos, no sentido de entender os principais mecanismos pelos quais o programa atua nos indicadores de mortalidade dos indivíduos dentro famílias beneficiárias. Por fim, utilizando microdados do SIH, são apresentados os resultados do impacto da exposição ao programa sobre os registros de hospitalização desagregados por causas a fim de entender os principais canais pelos quais o PC1 atua sobre indicadores de saúde.

7.1 Impacto sobre Mortalidade

A Tabela 2 apresenta estatísticas descritivas (média e número de observações), desagregadas por grupos de idade, gênero e escolaridade, para a variável dependente Mortalidade. Neste caso, a variável dependente é uma variável *dummy*, no qual é atribuído valor 1 (um) quando há ocorrência de um óbito para um determinado indivíduo, no período avaliado, e valor zero caso contrário.

Os principais resultados da estimação do modelo descrito na equação 2 são apresentados na Tabela 3. Cada coluna documenta como os efeitos de exposição

Tabela 2: Estatísticas Descritivas da Variável Dependente - Média e N. de Observações

Painel A: Amostra RFB		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
		Idade			Gênero			Escolaridade	
		Todas as idades	19 - 30	31- 60	≥ 61	Masculino	Feminino	Baixa	Alta
Mortalidade	Média	0,00174	0,00062	0,00397	0,02154	0,00384	0,00246	0,00387	0,00185
	N. de Observações	13.312.883	5.923.375	7.177.523	211.985	5.964.335	6.795.945	8.028.851	4.731.429
Painel B: Amostra SIM		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
		Idade			Gênero			Escolaridade	
		Todas as idades	19 - 30	31- 60	≥ 61	Masculino	Feminino	Baixa	Alta
Mortalidade	Média	0,00109	0,00072	0,00250	0,01414	0,00235	0,00159	0,00241	0,00119
	N. de Observações	13.312.883	5.923.375	7.177.523	211.985	5.964.335	6.795.945	8.028.851	4.731.429

ao PC1A variam de acordo com algumas características selecionadas dos beneficiários, a saber: idade, gênero e nível de escolaridade, permitindo uma maior compreensão dos possíveis mecanismos em ação. Nas regressões discriminando a amostra por gênero e escolaridade, optou-se por incluir apenas pessoas com 20 anos ou mais, visto que nesta faixa é onde se espera diferenças importantes em escolaridade, por conta disso, para essas heterogeneidades, há um menor número de observações utilizadas na amostra. A variável dependente é igual a um se o indivíduo veio a óbito e zero caso contrário. As colunas (1), (2), (3) e (4) apresentam, respectivamente, os resultados para indivíduos com 18 anos ou mais, entre 19 e 30 anos, entre 31 e 60 anos e com 61 ou mais. Em geral, os resultados dispositos na Tabela 3 mostraram que indivíduos que foram beneficiados pelo programa observaram uma robusta queda nos indicadores de mortalidade, observada para todos os grupos demográficos analisados. De acordo com os resultados, os beneficiários observaram uma redução de 29% na probabilidade de virem a óbito em relação a média do período anterior ao PC1A.

Destaca-se que a exposição ao PC1A está associada a efeitos mais fortes sobre pessoas mais velhas, especialmente no grupo da população acima de 61 anos, do que em relação a amostra com todas as idades. Indivíduos nessa faixa de idade, experimentaram uma redução de aproximadamente 44% no índice de mortalidade, com relação ao índice de mortalidade observado na amostra deste grupo

etário no momento anterior à intervenção (2,15%). Esse resultado é consistente com o fato de que, entre adultos, indivíduos mais velhos tendem a ser menos resistentes a doenças relacionadas ao consumo inapropriado de água do que os demais indivíduos entre 31 e 60 anos. Chama atenção, também, o fato de o efeito para indivíduos entre 18 e 30 anos (45%) ser próximo ao observado nos indivíduos com mais de 61 anos. Este resultado pode refletir o fato de que os indivíduos entre 18 e 30 anos, potencialmente, podem ser mais beneficiados pelo mecanismo de renda apresentado na seção 4. Isto é, uma vez que os indivíduos mais jovens dentro do domicílio, em geral, são os responsáveis pela coleta de água em regiões distantes, o recebimento da cisterna se traduz numa economia de tempo maior do que para adultos mais velhos, o que pode resultar num maior aumento na oferta de trabalho entre os jovens, levando a um aumento maior de renda.

Os resultados da Tabela 3, colunas (5) e (6), sugerem que indivíduos do sexo masculino são mais beneficiados pela exposição (efeito de 40% em relação a média) comparados com indivíduos do sexo feminino (34%). Além disso, o grupo de indivíduos com escolaridade alta (ou seja, aqueles com 7 anos ou mais de escolaridade) apresenta maior redução na taxa de mortalidade, 53,50% com relação ao índice de mortalidade do período anterior à exposição, contra uma redução de 51,67%, com relação ao índice do período anterior, do grupo com baixa escolaridade. De fato, esse resultado é consistente com os resultados documentados por [Da Mata et al. \(2021\)](#), que encontram que o efeito de redução em mortalidade infantil é mais forte para crianças cujas mães tem escolaridade mais alta, devido a uma melhor aproveitamento do treinamento em relação ao tratamento da água armazenada nas cisternas. Embora os resultados da Tabela 3 não sejam suficientes para determinar com precisão esse mecanismo, são sugestivos de que um efeito semelhante pode estar ocorrendo para os adultos.

Tabela 3: Efeitos da Exposição às Cisternas Sobre Mortalidade - Heterogeneidade Características Demográficas

Variável Dependente:		Mortalidade			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Idade					
Cisterna	Todas as idades	19 - 30	31-60	\geq 61	
	-0,00051	-0,00028	-0,00144	-0,00947	
	(0,00008)***	(0,00006)***	(0,00023)***	(0,00285)***	
N. de Observações	13.312.883	5.923.375	7.177.523	211.985	
Média	0,00174	0,00062	0,00397	0,02154	
R ²	0,33376	0,30609	0,34427	0,36903	
(5) (6) (7) (8)					
Gênero					
Cisterna	Masculino	Feminino	Baixa	Alta	
	-0,00156	-0,00084	-0,00200	-0,00099	
	(0,00024)***	(0,00019)***	(0,00019)***	(0,00023)***	
N. de Observações	5.964.335	6.795.945	8.028.851	4.731.429	
Média	0,00384	0,00246	0,00387	0,00185	
R ²	0,33678	0,34989	0,34463	0,33467	

Notas. Esta Tabela reporta estimativas da equação (2). erros-padrão agrupados em nível municipal.

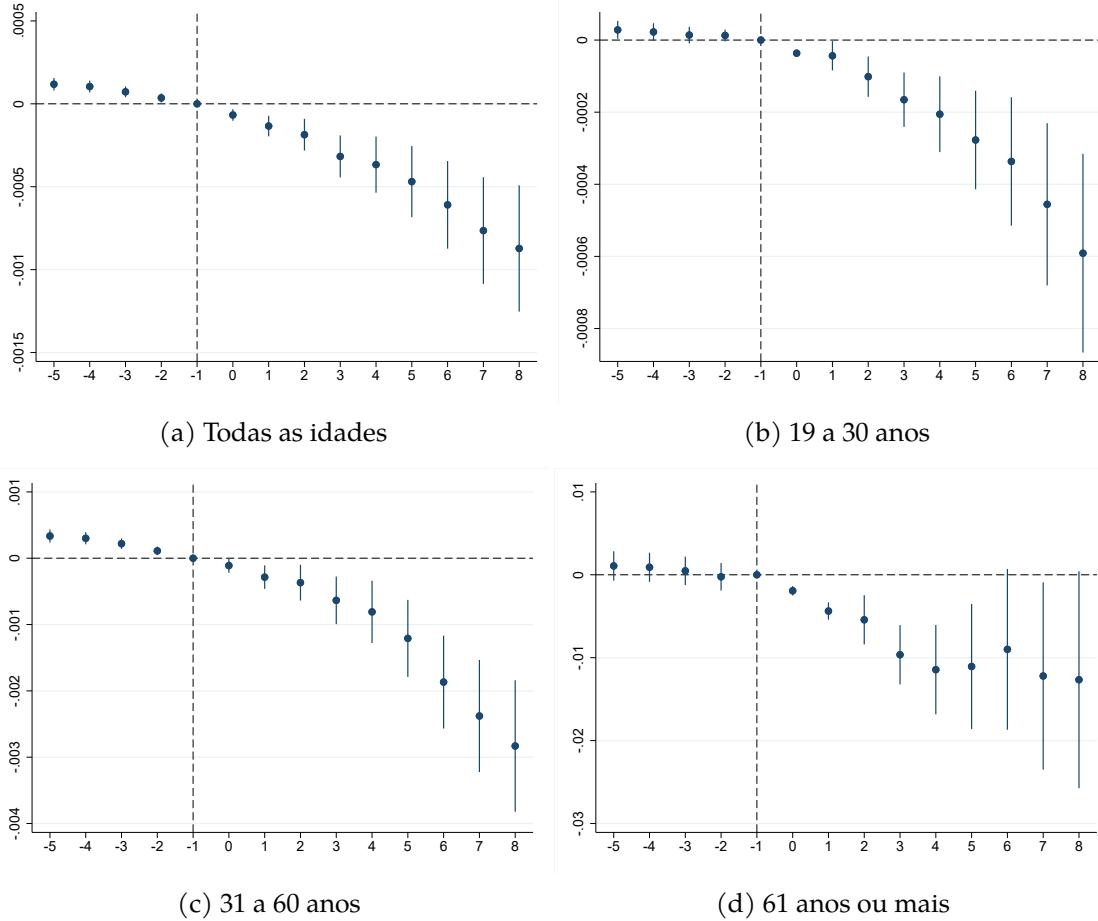
*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

As Figuras 8 e 9 apresentam os resultados, desagregados por diferentes grupos demográficos, a partir do modelo de estudo de eventos. Cada ponto no gráfico representa um coeficiente β_k , conforme indicado na equação (3), e as linhas azuis verticais representam o intervalo de 95% de confiança. O eixo horizontal indica o ano relativo ao momento de exposição ao PC1A para as famílias beneficiárias.

A figura 8 mostra como os coeficientes associados ao período posterior ao tratamento (*lags*) são consistentemente negativos e estatisticamente significantes, revelando que a exposição ao PC1A resultou em uma redução na taxa de mortalidade em relação aos indivíduos no grupo de controle. É importante destacar que, nos casos dos grupos entre 18 e 30 anos (Painel (b)), e entre maiores de 61 anos (Painel(d)), os coeficientes antecipatórios (*leads*) não são estatisticamente diferentes

de zero e são estáveis ao longo do tempo, indicando que a hipótese de tendência comum não pode ser rejeitada, reforçando a robustez dos resultados encontrados.

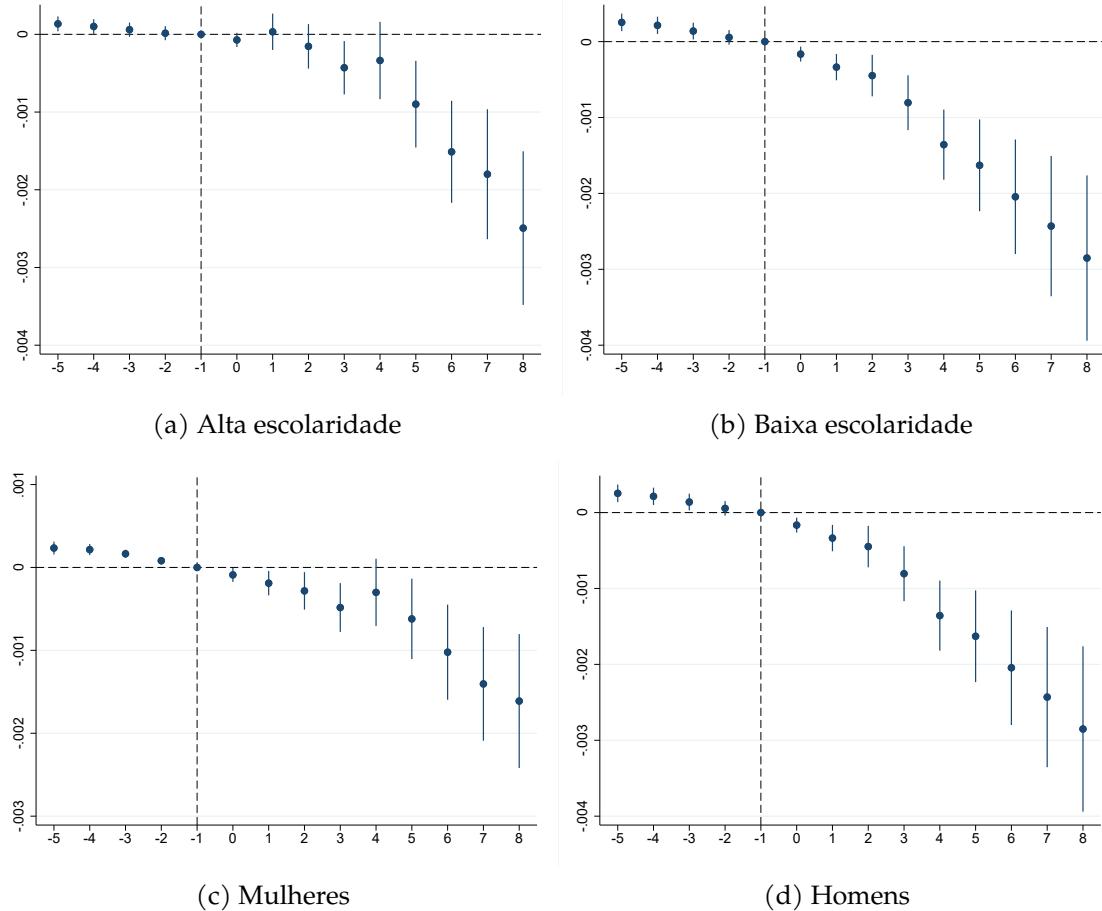
Figura 8: *Event Study*: Impacto do PC1A sobre mortalidade



A figura 9 mostra como os coeficientes associados ao período posterior ao tratamento (*lags*) são negativos e estatisticamente significantes, revelando que a exposição ao PC1A resultou em uma redução na taxa de mortalidade em relação aos indivíduos no grupo de controle tanto para a análise dos grupos com diferentes níveis de escolaridade quanto para os grupos de homens e mulheres na amostra. Os coeficientes antecipatórios para os grupos de alta escolaridade e homens (painéis (a) e (d)) (*leads*) não são estatisticamente diferentes de zero e são estáveis ao longo do tempo, indicando que a hipótese de tendência comum também não pode ser rejeitada nesses casos. Para o caso dos grupos de baixa escolaridade (painel (b)) e mulheres (painel (c)), embora não seja observada nenhuma tendência

pré-tratamento clara, alguns dos coeficientes são estatisticamente significantes, 5 anos antes do tratamento, por exemplo, indicando que os resultados para estes grupos devem ser interpretados com cautela.

Figura 9: *Event Study*: Impacto do PC1A sobre mortalidade por gênero e escolaridade



7.1.A Amostra SIM

Como detalhado nas seções anteriores, só foi possível garantir a identificação completa dos indivíduos para uma parcela dos indivíduos presentes no Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM). Assim, a causa da morte só pode ser identificada para essa parcela. Em outras palavras, isso significa que, mesmo sendo agora possível identificar a causa da morte, eventualmente uma parte dos indivíduos beneficiários que vieram a óbito serão considerados como vivos nesta análise, introduzindo um potencial erro de medida. Embora, em uma primeira análise, não haja razões para suspeitar que eventuais erros de medida não sejam distribuídos aleatoriamente entre os grupos de tratamento e controle, faz-se necessário testar essa hipótese empiricamente.

Dessa forma, para testar empiricamente se esses erros de medida introduzidos pelo processo de identificação do SIM são capazes de alterar os resultados principais detalhados na Tabela 3, a Tabela 4 apresenta os resultados do modelo principal (equação 2) utilizando a variável de mortalidade codificada apenas a partir da amostra identificada do SIM. Assim, quanto mais os resultados encontrados sejam próximos àqueles observados codificando a variável de mortalidade com base nos dados da Receita Federal, mais confiáveis serão as estimativas utilizando as amostras identificadas do SIM e, até mesmo, do SIH.

Tabela 4: Efeitos da Exposição às Cisternas Sobre Mortalidade - Heterogeneidade Características Demográficas (amostra SIM)

Variável Dependente:		Mortalidade			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Idade					
	Todas as idades	19 - 30	31-60	\geq 61	
Cisterna	-0,00035 (0,00007)***	-0,00039 (0,00010)***	-0,00098 (0,00018)***	-0,00753 (0,00226)***	
N. de Observações	13.312.883	5.923.375	7.177.523	211.985	
Média	0,00109	0,00072	0,00250	0,01414	
R ²	0,32072	0,30733	0,33017	0,35134	
	(5)	(6)	(7)	(8)	
Gênero					
	Masculino	Feminino	Baixa	Alta	
Cisterna	-0,00103 (0,00018)***	-0,00058 (0,00015)***	-0,00129 (0,00015)***	-0,00070 (0,00018)***	
N. de Observações	5.964.335	6.795.945	8.028.851	4.731.429	
Média	0,00235	0,00159	0,00241	0,00119	
R ²	0,31954	0,33674	0,33002	0,31719	

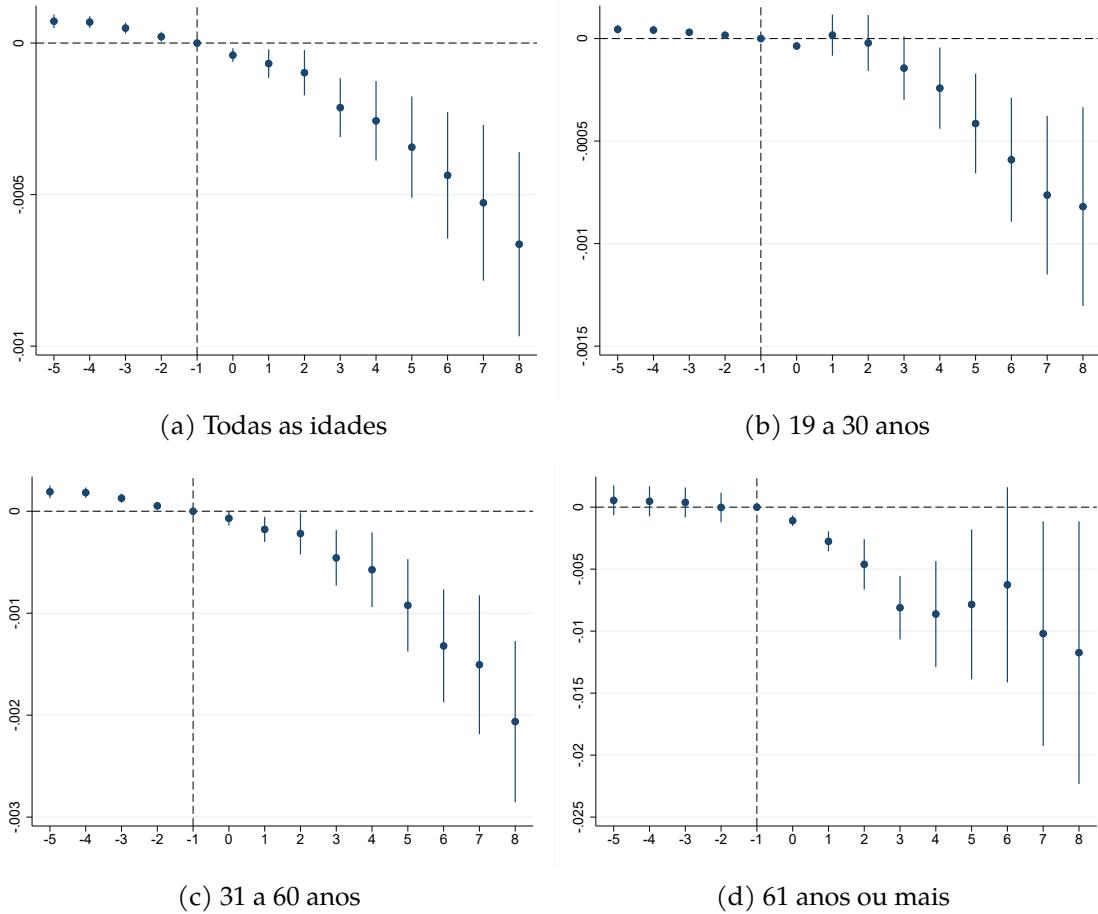
Notas. Esta Tabela reporta estimativas da equação (2). erros-padrão agrupados em nível municipal.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Os resultados apresentados na Tabela 4 são qualitativamente idênticos e próximos em magnitude aos apresentados na Tabela 3. Isto implica que eventuais erros de medida ocasionados pela não identificação completa do SIM não são importantes o suficiente para explicar completamente os resultados apresentados na Tabela 4, reforçando a robustez das estimativas que codificam mortalidade com base na amostra identificada do SIM. Para todos os grupos demográficos analisados, o recebimento da Cisterna causou uma queda estatisticamente significante na mortalidade. No que se refere à magnitude dos efeitos, para ambas as amostras, os coeficientes são similares utilizando a amostra completa com os dados de óbito da Receita Federal. Por exemplo, utilizando a variável de óbito medida pela Receita Federal, o efeito do programa sobre mortalidade para todas as ida-

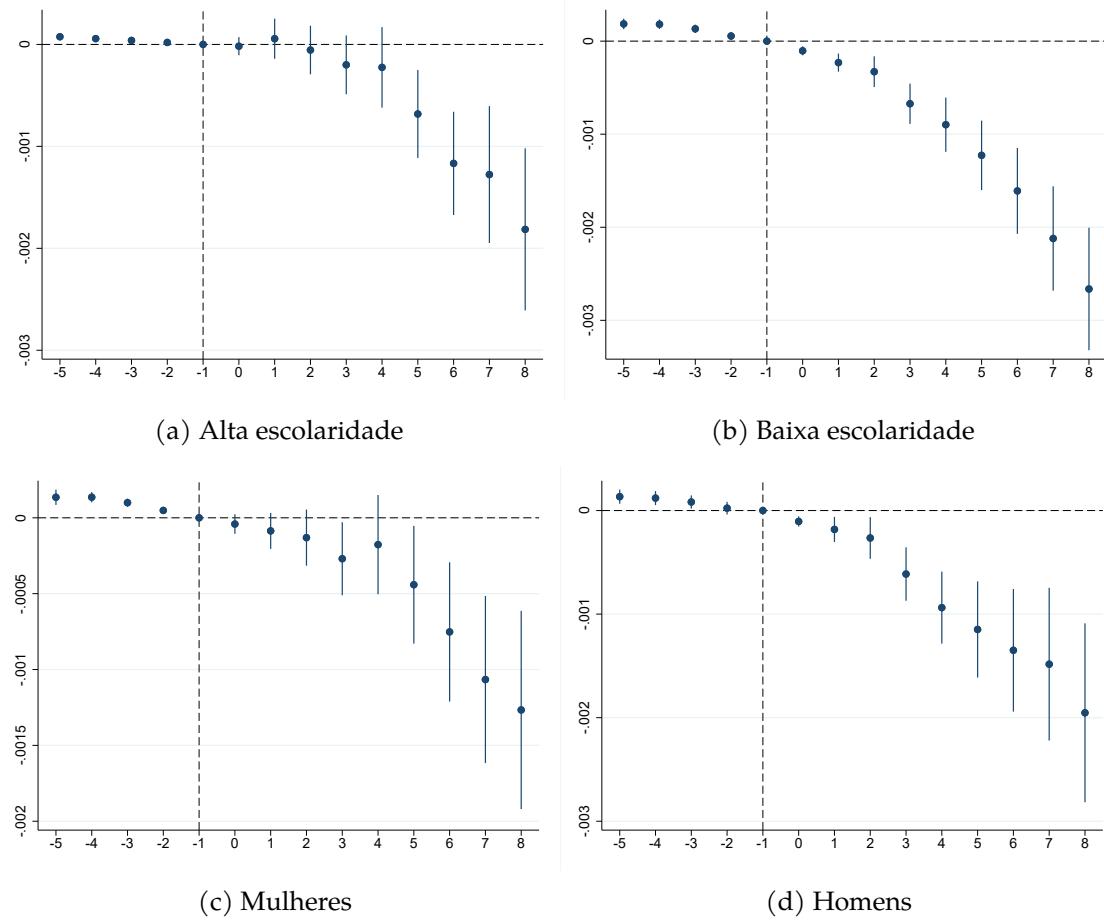
des equivale a uma redução de 29% em relação a média observada no período anterior à inauguração do programa, enquanto esse efeito, medido pela amostra identificada do SIM, é de 32%, como mostra a coluna (1) da Tabela 4.

Figura 10: *Event Study*: Impacto do PC1A sobre mortalidade (amostra SIM)



Ainda, como um exercício de robustez, as Figuras 10 e 11 apresentam os resultados da estimação do modelo de estudo de eventos, tal como descrito na equação (3), para a amostra identificada do SIM. Como já mencionado anteriormente, a ideia por trás desta especificação do modelo é validar a hipótese de que, antes do programa, indivíduos do grupo de tratamento e controle apresentavam tendências semelhantes na variável dependente. Os resultados observados são quantitativamente e qualitativamente similares aos encontrados utilizando a data de óbito da Receita Federal, reforçando a confiabilidade dos resultados obtidos por meio da amostra identificada do SIM.

Figura 11: *Event Study*: Impacto do PC1A sobre mortalidade por gênero e escolaridade (amostra SIM)



7.2 Óbitos por causa

Na Tabela 5 são apresentados os resultados das estimações, conforme modelo apresentado na equação 2, desagregados pelas causas dos óbitos, utilizando a Classificação Internacional de Doenças (CID-10) para identificar as causas das mortes. A principal motivação para esse exercício empírico reside no fato de que conhecendo como os efeitos estimados variam para cada causa de morte, é possível entender os possíveis canais de atuação pelos quais à exposição do PC1A pode afetar os indicadores de mortalidade dos indivíduos pertencentes às famílias beneficiárias.

Tabela 5: Efeitos da Exposição às Cisternas Sobre Mortalidade por Causa

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	Doenças parasitárias e infecciosas	Neoplasia	Doenças no sangue e formação de órgãos	Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas	Distúrbios do neurodesenvolvimento	Doenças no sistema nervoso	Doenças no sistema circulatório	Doenças no sistema respiratório
Cisterna	-0.00008 [0.00002]***	-0.00001 [0.00003]	0.00001 [0.00001]	-0.00004 [0.00002]**	-0.00004 [0.00001]***	-0.00000 [0.00001]	-0.00015 [0.00004]***	-0.00010 [0.00003]***
N	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883
Média	0.00013	0.00020	0.00003	0.00009	0.00004	0.00003	0.00039	0.00024
R2	0.30173	0.31822	0.32101	0.30606	0.31792	0.28093	0.32227	0.30880
	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	
	Doenças no sistema digestivo	Doenças no sistema musculoesquelético e tecidos	Doenças no sistema genititário	Má-formação congênita	Sintomas, sinais e achados clínicos e laboratoriais anormais	Lesões e outras causas externas	Causas externas	
Cisterna	-0.00007 [0.00002]***	-0.00000 [0.00000]	-0.00000 [0.00001]	-0.00000 [0.00000]**	-0.00014 [0.00004]***	-0.00004 [0.00003]	-0.00006 [0.00003]**	
N	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	13.312.883	
Média	0.00010	0.00000	0.00005	0.00000	0.00038	0.00019	0.00023	
R2	0.31239	0.30167	0.28817	0.41083	0.32761	0.29402	0.30473	

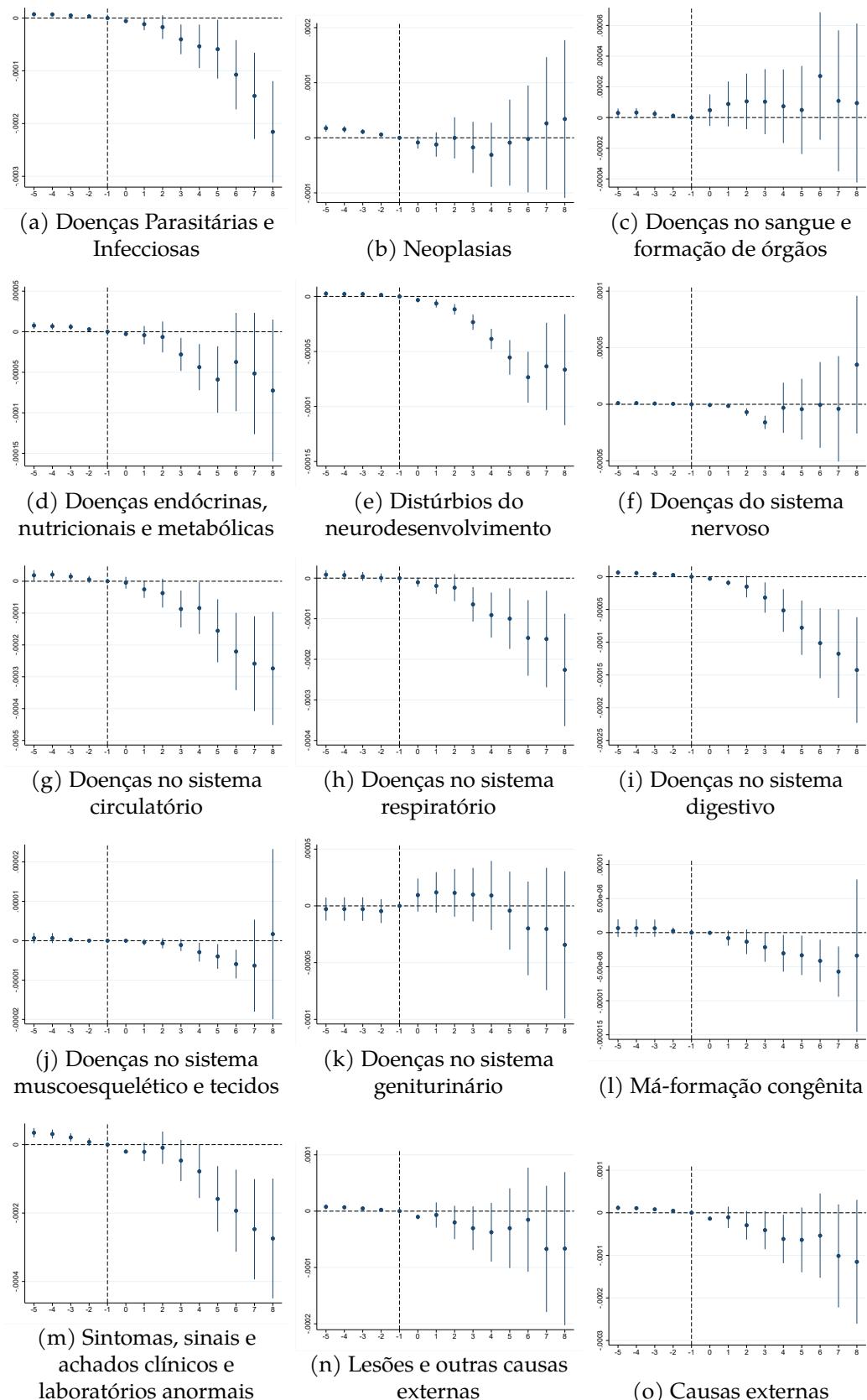
Notas. Esta Tabela reporta estimativas da equação (2). Erros-padrão agrupados em nível municipal. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Como mostram os resultados da Tabela 5, o efeito da exposição às cisternas parece se concentrar em doenças relacionadas ao consumo adequado de água, como sugere a literatura especializada (Hunter, MacDonald and Carter, 2010). Destacam-se os resultados de redução na mortalidade por doenças parasitárias e infecciosas, que sofreram redução de cerca de 61% em relação à média. Mesmo padrão é observado para doenças do sistema digestivo, cuja redução na probabilidade de óbito corresponde a 70% em relação à média. Portanto, os resultados observados na Tabela 5 reforçam a importância do programa para fornecer consumo adequado de água para os indivíduos, e confirmam a robustez dos resultados principais apresentados anteriormente.

A Figura 12 apresenta os resultados das estimativas do modelo de estudo de eventos para os óbitos desagregados por causa, como descrito na equação (3), para a amostra identificada do SIM. Os coeficientes associados ao período posterior ao tratamento (*lags*) mostram-se negativos e significantes para doenças parasitárias, doenças no sistema digestivo e achados clínicos e laboratoriais anormais, (painéis (a), (i) e (m), respectivamente), o que evidencia o impacto do PC1A sobre a redução de mortalidade de doenças relacionadas ao consumo adequado da água. Além disso, os coeficientes pós-tratamento também são negativos e significantes para distúrbios do neurodesenvolvimento, doenças no sistema circulatório e doenças no sistema respiratório (painéis (e), (g) e (h)).

Para todos os casos citados anteriormente a hipótese de tendência comum, validada por coeficientes antecipatórios (*leads*) estatisticamente diferentes de zero e estáveis ao longo do tempo, é confirmada, o que valida a hipótese de que os coeficientes negativos representam um impacto de redução das mortes causadas por tais doenças devido à exposição ao PC1A. Para todos os outros casos, não são encontrados coeficientes consistentemente negativos e significantes, não sendo possível a indicação de um impacto da exposição ao PC1A sobre tais indicadores.

Figura 12: *Event Study*: Impacto do PC1A sobre mortalidade por Causa do óbito



7.3 Hospitalizações

Nesta seção são apresentados os resultados da estimação dos efeitos de exposição às cisternas sobre hospitalizações, utilizando a base de dados identificada do Sistema de Internações Hospitalares (SIH), apresentada nas seções anteriores. A Tabela 6 apresenta estatísticas descritivas (média e número de observações), desagregadas por grupos de idade, gênero e escolaridade, para a variável dependente Hospitalização. Neste caso, a variável dependente é uma variável *dummy*, no qual é atribuído valor 1 (um) quando há ocorrência de uma hospitalização para um determinado indivíduo, no período avaliado, e valor zero caso contrário.

Tabela 6: Estatísticas Descritivas da Variável Dependente - Média e N. de observações

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Idade						
	Todas as idades	0-11	12-18	19-30	31-60	$\geq=61$
Hospitalização	Média	0,00652	0,00524	0,00628	0,00739	0,00734
	N. de Observações	25.329.011	8.104.199	3.911.929	5.923.375	7.177.523
Gênero						
	Homem	Mulher	Baixa	Alta		
Hospitalização	Média	0,00537	0,00917	0,00737	0,00743	
	N. de Observações	5.964.335	6.795.945	8.028.851	4.731.429	

Os principais resultados são apresentados na Tabela 7 para diferentes grupos demográficos. Os resultados apresentados na Tabela 7 para hospitalizações seguem a mesma direção dos resultados para mortalidade, confirmando o impacto positivo do programa sobre a saúde dos beneficiários. A exposição às cisternas causou uma redução estatisticamente significante na probabilidade de hospitalização para praticamente todos os grupos demográficos analisados, com destaque para os indivíduos de 0 a 11 anos, cuja redução na probabilidade de sofrer hospitalização foi de cerca de 35% em relação à média da amostra, comparado com uma redução de 26% para os indivíduos de todas as idades. Esse resultado

é consistente com o que aponta a literatura médica, que mostra como a mortalidade infantil por doenças como diarreia (esta diretamente associada à qualidade do consumo de água) reduz conforme as crianças envelhecem (Walker and Black, 2010).

As colunas (7), (8), (9) e (10) da Tabela 7 apresentam os resultados da estimativa de efeitos heterogêneos por gênero e nível de escolaridade. Como explicado anteriormente na seção 5, uma vez que diferenças significativas em escolaridade só passam a aparecer com o passar dos anos, para essas estimativas, optou-se por restringir as amostras apenas para indivíduos de 20 anos ou mais. No que se refere ao gênero, as estimativas são estatisticamente significantes apenas para mulheres, um padrão distinto do observado para mortalidade. A exposição ao programa causou uma redução de 23% na probabilidade de sofrer uma internação hospitalar para as mulheres de 20 anos ou mais em relação à média antes do programa. No que se refere à escolaridade, por outro lado, o padrão observado é o mesmo tanto para mortalidade como internação. Enquanto os indivíduos de alta escolaridade observaram uma redução 30% em relação à média na probabilidade de internação, o efeito do programa para os indivíduos de baixa escolaridade foi de 14,5%, em relação à média do período anterior ao início do programa.

No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) cobre cerca de 70% da população, de acordo com informações disponíveis no portal do Ministério da Saúde. Assim, em termos econômicos, a redução observada em hospitalizações, também se reflete numa economia de recursos públicos. Em média, no ano de 2020, uma internação no SUS custou cerca R\$ 1.813,29. Considerando o total de 132.724 pessoas presentes na amostra que foram internadas antes do início do PC1A, dado o efeito médio estimado da exposição às cisternas apresentado na Tabela 7, estima-se que o PC1A levou a uma economia de cerca R\$ 62,5 milhões aos cofres públicos.

Tabela 7: Efeitos da Exposição às Cisternas Sobre Hospitalizações - Heterogeneidade Características Demográficas (amostra SIH)

Variável dependente:		Hospitalização					
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Idade							
	Todas as idades	0-11	12-18	19-30	31-60	>=61	
Cisterna	-0.00170 [0.00011]***	-0.00185 [0.00016]***	-0.00197 [0.00031]***	-0.00183 [0.00025]***	-0.00092 [0.00021]***	-0.00166 [0.00126]	
N	25329011	8104199	3911929	5923375	7177523	211985	
Média	0.00652	0.00524	0.00628	0.00739	0.00734	0.00811	
R2	0.06124	0.06268	0.06133	0.06099	0.06072	0.05973	
	(7)	(8)	(9)	(10)			
Gênero							
	Homem	Mulher	Baixa	Alta			
	-0.00013 [0.00019]	-0.00217 [0.00025]***	-0.00107 [0.00018]***	-0.00225 [0.00036]***			
Cisterna							
N	5964335	6795945	8028851	4731429			
Média	0.00537	0.00917	0.00737	0.00743			
R2	0.06219	0.05985	0.06090	0.06058			

Notas. Esta Tabela reporta estimativas da equação (2). Erros-padrão agrupados em nível municipal. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Por fim, a Tabela 8 apresenta os resultados do efeito da exposição às cisternas sobre hospitalizações por causas de acordo com a classificação internacional de doenças (CID-10). Os resultados apresentados na Tabela 8 são similares aos apresentados anteriormente para óbitos. Isto é, o efeito de redução de hospitalizações se concentrou em doenças infecciosas e parasitárias (efeito de 15% em relação a média do período anterior ao programa), estas diretamente relacionadas à qualidade da água para consumo ([Hunter, MacDonald and Carter, 2010](#)). Foram obtidas, também, estimativas estatisticamente significantes, negativas e de magnitudes relevantes para doenças do sistema geniturinário (10.5%) e condições relacionadas à gravidez e período perinatal (59%), estas também diretamente relacio-

nadas com consumo adequado de água.

Vistos de forma conjunta ambos os resultados para hospitalizações e mortes por causa confirmam a hipótese de que a melhoria nos indicadores de saúde dos indivíduos ocorre, majoritariamente, por meio do mecanismo direto descrito na seção 4.

Tabela 8: Efeitos da Exposição às Cisternas Sobre Hospitalizações por Causa

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
	Certas doenças infecciosas e parasitárias	Neoplasmas	Doenças do sangue e da formação sanguínea e de órgãos	Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas	Desordens mentais, comportamentais e do neurodesenvolvimento	Doenças do sistema nervoso	Doenças do sistema circulatório	Doenças do sistema respiratório	Doenças do sistema digestivo
Cisterna	-0.000120 [0.00004]**	0.000000 [0.00002]	0.000010 [0.00001]	-0.000010 [0.00001]	0.000000 [0.00001]	-0.000010 [0.00001]	0.000000 [0.00002]	-0.000160 [0.00004]**	0.000010 [0.00003]
Obs.	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011
Média	0.000800	0.000260	0.000020	0.000080	0.000050	0.000030	0.000240	0.000710	0.000640
R2	0.06654	0.067	0.06712	0.06712	0.06704	0.06709	0.06698	0.06683	0.0666
	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)
	Doenças da pele e do tecido subcutâneo	Doenças do sistema musculoesquelético e do sistema conectivo	Doenças do sistema geniturinário	Gravidez, parto e puerpério	Condições originadas no período perinatal	Má formação congênita, deformações e anomalias nos cromossomos	Sintomas e sinais de anomalias clínicas e achado laboratoriais	Lesões, envenenamento e outras causas externas	Causas externas
Cisterna	-0.000020 [0.00001]	-0.000010 [0.00001]	-0.000060 [0.00003]*	-0.001300 [0.00006]**	-0.000020 [0.00001]**	0.000010 [0.00001]	0.000000 [0.00001]	0.000010 [0.00003]	0.000000 [0.00003]
Obs.	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011	25329011
Média	0.000090	0.000100	0.000570	0.002200	0.000010	0.000030	0.000070	0.000550	0.000550
R2	0.06705	0.06718	0.06676	0.06516	0.06725	0.06725	0.06716	0.06668	0.06668

Notas. Esta Tabela reporta estimativas da equação (2). Erros-padrão agrupados em nível municipal. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

VIII

Conclusão

8 Conclusão e implicações políticas

Este relatório analisou os impactos do Programa Cisternas Primeira Água sobre diversos indicadores de saúde e mortalidade dos indivíduos beneficiados. Para isso, foram *linkados* e compatibilizar dados de registro civil da Receita Federal, dados administrativos do programa e dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade e do Sistema de Internações Hospitalares. Explorando a variação no *timing* de exposição ao programa entre beneficiários por meio de um modelo de diferença-em-diferenças, estimou-se que o programa teve um efeito causal de redução de 29% na probabilidade de óbito dos indivíduos, em relação a média antes do início do PC1A. Ainda, os resultados mostraram que a principal causa de morte reduzida foi de doenças relacionadas ao consumo de água, reforçando a importância das cisternas na melhoria da qualidade e ampliação do acesso à água dos indivíduos beneficiados.

A melhoria dos indicadores de saúde nos indivíduos beneficiados também pode ser observada em outros indicadores de saúde. Os resultados mostraram que o PC1A também causou uma redução na probabilidade de internação hospitalar nos indivíduos de todas as idades beneficiados de 26% em relação à média do período anterior ao programa, tendo causado um efeito ainda maior para indivíduos de 0 a 11 anos, de cerca de 35% em relação a média. Assim como para mortalidade, a redução nas internações ocorreu, sobretudo, por meio da redução de doenças associadas ao consumo de água, como doenças infecciosas e parasitárias.

Em geral, os resultados apresentados levam a algumas importantes implicações políticas. Primeiro, evidenciam que políticas de acesso à água em larga escala voltadas para o semiárido, um contexto de elevada pobreza, baixo acesso da população a políticas sociais e escassez hídrica, possuem efeitos de grande magnitude nas taxas de mortalidade e internação dos beneficiados, cujos efeitos são ainda mais fortes para os indivíduos mais vulneráveis. Dessa forma, uma expansão do programa para indivíduos e localidades ainda não atendidas,

se refletirá, potencialmente, numa melhora substancial dos indicadores de saúde destes indivíduos e localidades.

Segundo, além dos diversos benefícios do ponto de vista da qualidade de vida dos indivíduos, programas que visam a garantia do fornecimento adequado de água para pessoas que enfrentam escassez do recurso podem gerar desdobramentos intergeracionais e, de forma agregada, transbordamentos para a sociedade como um todo. Por exemplo, uma vez que no Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) cobre cerca de 70% da população⁵, em termos econômicos, a redução observada em hospitalizações, também se reflete numa economia de recursos públicos. Em média, no ano de 2020, uma internação no SUS custou cerca R\$ 1.813,29. Considerando o total de 132.724 pessoas presentes na amostra que foram internadas antes do início do PC1A, dado o efeito médio estimado da exposição às cisternas apresentado na Tabela 7, estima-se que o PC1A levou a uma economia de cerca R\$ 62,5 milhões aos cofres públicos. Ainda, considerando que 44 mil indivíduos foram a óbito no período anterior ao início do programa, com base nas estimativas do efeito do programa sobre mortalidade, o PC1A foi capaz de reduzir cerca de 12 mil mortes.

⁵De acordo com informações disponíveis no portal do Ministério da Saúde.

Referências Bibliográficas

- Alsan, Marcella and Claudia Goldin** (2019). "Watersheds in child mortality: The role of effective water and sewerage infrastructure, 1880–1920," *Journal of Political Economy*, 127(2): 586–638.
- Angrist, Joshua D and Jörn-Steffen Pischke** (2008). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*, Princeton university press.
- Asa Brasil** (2017). "Articulação do Semiárido Brasileiro," <http://www.asabrasil.org.br>.
- Ashraf, Nava, Edward Glaeser, Abraham Holland, and Bryce Millett Steinberg** (2021). "Water, Health and Wealth: The Impact of Piped Water Outages on Disease Prevalence and Financial Transactions in Zambia," *Economica*.
- Augier, Patricia, Marion Dovis, and Charles Lai-Tong** (2016). "Better Access to Water, Better Children's Health: A Mirage?" *Oxford Development Studies*, 44(1): 70–92.
- Autor, David H** (2003). "Outsourcing at will: The contribution of unjust dismissal doctrine to the growth of employment outsourcing," *Journal of labor economics*, 21(1): 1–42.
- Bertrand, Marianne, Esther Duflo, and Sendhil Mullainathan** (2004). "How much should we trust differences-in-differences estimates?" *The Quarterly journal of economics*, 119(1): 249–275.
- Bhalotra, Sonia R, Alberto Diaz-Cayeros, Grant Miller, Alfonso Miranda, and Atheendar S Venkataramani** (2021). "Urban Water Disinfection and Mortality Decline in Lower-Income Countries," *American Economic Journal: Economic Policy*.

Blakeslee, David, Ram Fishman, and Veena Srinivasan (2020). "Way down in the hole: Adaptation to long-term water loss in rural India," *American Economic Review*, 110(1): 200–224.

Bobonis, Gustavo J, Paul Gertler, Marco Gonzalez-Navarro, and Simeon Nichter (2017). "Vulnerability and clientelism," Technical report, National Bureau of Economic Research.

Brasil (2018). "Programa Nacional de Apoio à Captação de Água de Chuva e Outras. Tecnologias Sociais de Acesso à Água," http://www.mds.gov.br/webarquivos/arquivo/seguranca_alimentar/cisternas_marcolegal/tecnologias_sociais/2018/Sistema_Pluvial_Multiuso_Autonomo_tec24/Modelo24.pdf.

Briefcase, J-PAL Policy (2012). "Cleaner Water at the Source," Technical report, Technical report, Abdul Latif Jameel Poverty Action Lab.

Buainain, Antonio Marcio and Junior Ruiz Garcia (2013). "Desenvolvimento rural do semiárido brasileiro: transformações recentes, desafios e perspectivas," *Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia*(19): .

Cairncross, Sandy, Caroline Hunt, Sophie Boisson, Kristof Bostoen, Val Curtis, Isaac CH Fung, and Wolf-Peter Schmidt (2010). "Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea," *International journal of epidemiology*, 39(suppl_1): i193–i205.

Card, David and Alan B Krueger (2000). "Minimum wages and employment: a case study of the fast-food industry in New Jersey and Pennsylvania: reply," *American Economic Review*, 90(5): 1397–1420.

Carrillo, Bladimir (2020). "Early rainfall shocks and later-life outcomes: Evidence from colombia," *The World Bank Economic Review*, 34(1): 179–209.

Cunningham, Scott. (2019). *CAUSAL INFERENCE: The Mixtape*, YALE University Press.

Currie, Janet, Joshua Graff Zivin, Katherine Meckel, Matthew Neidell, and Wolfram Schlenker (2013). "Something in the water: Contaminated drinking water and infant health," *Canadian Journal of Economics/Revue canadienne d'économique*, 46(3): 791–810.

Da Mata, Daniel, Lucas Emanuel, Vitor Azevedo Pereira, and Breno Sampaio (2021). "Climate Adaptation Policies and Infant Health: Evidence from a Water Policy in Brazil."

Da Mata, Daniel and Guilherme Resende (2020). "Changing the climate for banking: the economic effects of credit in a climate-vulnerable area," *Journal of Development Economics*, 146 p. 102459.

Fewtrell, Lorna, World Health Organization et al. (2007). *Water, sanitation and hygiene: quantifying the health impact at national and local levels in countries with incomplete water supply and sanitation coverage*, World Health Organization.

Furtado, Celso (2020). *Formação econômica do Brasil*, Companhia das Letras.

Gassert, Francis, Paul Reig, Tien Shiao, Matt Landis, and Matt Luck (2012). "Aqueduct global maps 2.0."

Goodman-Bacon, Andrew (2018). "Public insurance and mortality: evidence from Medicaid implementation," *Journal of Political Economy*, 126(1): 216–262.

Goodman-Bacon, Andrew (2021). "Difference-in-differences with variation in treatment timing," *Journal of Econometrics*.

Gramkow, Camila et al. (2020). "Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: Estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil."

- Hobsbawm, Eric** (2011). "Bandidos; ed," *Crítica: Barcelona*.
- Hunter, Paul R, Alan M MacDonald, and Richard C Carter** (2010). "Water supply and health," *PLoS medicine*, 7(11): p. e1000361.
- Jacobson, Louis S, Robert J LaLonde, and Daniel G Sullivan** (1993). "Earnings losses of displaced workers," *The American economic review* 685–709.
- Kremer, Michael, Jessica Leino, Edward Miguel, and Alix Peterson Zwane** (2011). "Spring cleaning: Rural water impacts, valuation, and property rights institutions," *The Quarterly Journal of Economics*, 126(1): 145–205.
- Lin, Youhong, Feng Liu, and Peng Xu** (2021). "Effects of drought on infant mortality in China," *Health Economics*, 30(2): 248–269.
- Marcus, Michelle** (2021). "Testing the water: Drinking water quality, public notification, and child outcomes," *The Review of Economics and Statistics* 1–45.
- da Mata, Daniel, Lucas Emanuel, Breno Sampaio, and Vitor Pereira** (2020). "Water and birth outcomes: Lessons from a policy intervention in a climate vulnerable area," Technical report, Working Paper.
- Mintz, Eric, Jamie Bartram, Peter Lochery, and Martin Wegelin** (2001). "Not Just a Drop in the Bucket: Expanding Access to Point-of-Use Water Treatment Systems," *American Journal of Public Health*, 91(10): 1565–1570.
- Naritomi, Joana, Rodrigo R Soares, and Juliano J Assunção** (2012). "Institutional development and colonial heritage within Brazil," *The journal of economic history*, 72(2): 393–422.
- Oliveira, Rodrigo (Coord.)** (2021). *Impact OF Extreme Weather Events on the Health and Education of Children, Adolescents and Young People in Brazilian Semiarid Region*, International Fund for Agricultural Development (IFAD).

Palmeira, G (2006). "Relatório de avaliação de programa ação construção de cisternas para armazenamento de água," *Brasilia, Brazil*.

Prado Júnior, Caio (1960). "Historia económica de Brasil," Technical report.

Rocha, Rudi and Rodrigo R Soares (2015). "Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid," *Journal of Development Economics*, 112 72–91.

Sampaio, Breno (Coord.) (2019). "Avaliação de Impactos Econômicos e Sociais dos Centros de Artes e Esportes Unificados (CEUs)," *Relatório Técnico, Grupo de Avaliação de Políticas Públicas e Econômicas (GAPPE)*.

Snow, John (1855). *On the mode of communication of cholera*, John Churchill.

Walker, CL Fischer and RE Black (2010). "Diarrhoea morbidity and mortality in older children, adolescents, and adults," *Epidemiology & Infection*, 138(9): 1215–1226.

Zhang, Jing (2012). "The impact of water quality on health: Evidence from the drinking water infrastructure program in rural China," *Journal of health economics*, 31(1): 122–134.

Zhu, Qiang, John Gould, Yuanhong Li, and Chengxiang Ma (2015). *Rainwater Harvesting for Agriculture and Water Supply*, Springer.