

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Lucas Emanuel da Silva

O Impacto de Cisternas Rurais Sobre a Saúde Infantil: Uma Avaliação do Programa 1 Milhão de Cisternas, 2000-2010.

Recife
2015

Lucas Emanuel da Silva

O Impacto de Cisternas Rurais Sobre a Saúde Infantil: Uma Avaliação do Programa 1 Milhão de Cisternas, 2000-2010.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para obtenção do título de mestre em Ciências Econômicas, sob a orientação do Professor Breno Ramos Sampaio e coorientação do Professor Paulo Henrique Pereira de Meneses Vaz.

Recife
2015

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

S586i Silva, Lucas Emanuel da
O impacto de cisternas rurais sobre a saúde infantil: uma avaliação do Programa 1 milhão de cisternas, 2000-2010 / Lucas Emanuel da Silva. - Recife : O Autor, 2015.
33 folhas: il. 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Breno Ramos Sampaio e Co-orientador Prof. Dr. Paulo Henrique Pereira de Meneses Vaz.
Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2015.
Inclui referências e anexos.

1. Abastecimento de água. 2. Mortalidade infantil. 3. Diarreia. I. Sampaio, Breno Ramos (Orientador). Vaz, Paulo Henrique Pereira de Meneses (Co-orientador). III. Título.

333.7 CDD (22.ed.) UFPE (CSA 2015–141)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO EM ECONOMIA DE:

LUCAS EMANUEL DA SILVA

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Lucas Emanuel da Silva **APROVADO**.

Recife, 02/03/2015.

Prof. Dr. Breno Ramos Sampaio
Orientador

Prof. Dr. Paulo Henrique Pereira de Menezes Vaz
Examinador Interno

Prof. Dr. Luciano Menezes Bezerra Sampaio
Examinador Externo/Depto. de Administração - UFRN

AGRADECIMENTOS

Terminada esta importante etapa da minha vida, nada mais do que justo agradecer a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste objetivo. Agradeço, de início, a Deus, pela oportunidade concedida e por, em sua onipresença, sempre ter guiado o meu caminho.

Também dedico meu profundo agradecimento a minha mãe, Ofélia, exemplo de vida, garra e coragem, e a toda minha família, que sempre me apoiou em todos os momentos. A Tássia Germano, por todo o companheirismo e apoio. E a todos os amigos do mestrado, que de diversas formas foram fundamentais para o meu sucesso.

Deixo aqui também minha gratidão aos professores Breno Sampaio e Paulo Henrique Vaz, uma vez que, além do conhecimento transmitido, forneceram-me bons exemplos, incentivos e confiança ao longo desta jornada. E ao professor Tácito Augusto Farias, meu primeiro incentivador.

Também agradeço ao CNPq, pelo financiamento ao longo deste período, e ao Asa Brasil, pelo fornecimento dos dados e pelas conversas esclarecedoras.

Por fim, agradeço a Marco Aurélio Rodrigues do Nascimento, que cedo partiu, deixando, porém, uma inestimável contribuição na minha formação como pessoa.

“Tudo o que fizerdes, fazei-o de todo o coração (...)”

Colossenses 3:23

Resumo

Uma parte considerável da população rural nos países em desenvolvimento vive em um ambiente de escassez de água, responsável por altas taxas de mortalidade infantil devido às doenças relacionadas à água contaminada. A literatura existente tem investigado o impacto de melhorias no sistema de água (englobando o efeito da expansão da rede de abastecimento de água, qualidade da água e tratamento de esgoto) sobre a saúde infantil e o impacto de choques de chuva em áreas secas. O presente estudo contribui para este debate por inferir o efeito causal isolado de expansão da oferta de água sobre a mortalidade infantil por doenças diarreicas, particularmente para as zonas semiáridas, explorando um programa que distribui cisternas entre os municípios situados no semiárido mais densamente povoado do mundo. Ao explorar a variação exógena na intervenção do programa nos municípios, juntamente com o tempo de tal decisão, verificou-se que o programa teve um impacto significativo sobre a taxa de mortalidade infantil por doenças diarreicas para a faixa etária de 0 a 4 anos.

Palavras-chave: *Acesso à água, Mortalidade infantil, Diarreia, Semiárido brasileiro.*

Abstract

A considerable part of rural population in developing countries lives in a water scarce environment, responsible for high rates of child mortality due to unsafe water related diseases. Previous literature has investigated the impact on infant health of water system improvements (confounding the effect of water supply network expansion, water quality and sewage treatment) and the impact of rainfall shocks in dry areas. The present study contributes to this debate by inferring the isolated causal effect of water supply expansion on infant mortality from diarrheal diseases, particularly for semiarid zones, as it exploits a program that distributes cisterns among municipalities placed on the most densely populated semiarid zone in the world. By exploring exogenous variation in municipalities program intervention, along with the timing of such decision, it has been observed that the program had a significant impact on the infant mortality rate from diarrheal diseases in the group of 0 to 4 years old.

Keywords: *Water provision, Infant mortality, Diarrhea, Brazilian semiarid.*

Lista de Tabelas

1	Estatística descritiva, municípios do semiárido, 2000.	10
2	Estimação <i>Hazard</i> , tempo discreto, da probabilidade de ser beneficiado pelo P1MC, municípios do semiárido, 2000-2010.	12
3	Regressões de mortalidade por DDA, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	14
4	Regressões de mortalidade por DDA, grupo de população rural, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	16
5	Regressões da mortalidade por DDA, interação do <i>ln</i> da quantidade de cisternas por município com as <i>dummies</i> de interesse, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	17
6	Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, convergência entre os municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	19
7	Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, tendências anteriores, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	20
8	Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, efeito dos primeiros entrantes, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	21
9	Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, adicionando controles de programas de saúde do governo federal, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	22
10	Regressões de mortalidade por doenças respiratórias agudas e doenças decorrentes de afecções originadas no período perinatal, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	23
11	Regressões da proporção de óbitos por DDA, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.	24

Lista de Figuras

1	Delimitação do semiárido brasileiro	6
2	Evolução do número agregado de cisternas instaladas no semiárido, P1MC, 2000-2010.	8
3	Evolução do número de municípios do semiárido com cisternas, P1MC, 2000-2010.	9
4	Evolução geográfica do P1MC, municípios do semiárido, 2001, 2005, 2009.	13
5	Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA para a faixa etária de 0 a 4 anos, aleatorização do tratamento de nove anos de atuação do programa.	25

Sumário

1	Introdução	1
2	O Semiárido Brasileiro e o Programa 1 Milhão de Cisternas	5
3	Dados	8
4	Estratégia Empírica	10
5	Resultados	12
5.1	Determinantes da entrada do município no P1MC	12
5.2	Especificação Básica	13
5.3	Resposta Heterogênea	15
5.4	Robustez	17
6	Conclusão	25
	Referências	27
	ANEXOS	30

1 Introdução

Entre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, estipulado pelos países da ONU em 2000, estava o de reduzir pela metade o número de pessoas sem acesso à água potável. Apesar do grande progresso alcançado nesta área, ainda havia, em 2012, cerca de 748 milhões de pessoas fazendo uso de fontes de água consideradas impróprias para o consumo humano, sendo 90% desse total residente em áreas rurais (WHO, UNICEF, 2014). O consumo de água limpa está intimamente correlacionado com a queda no número de óbitos infantis por doenças diarreicas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (2014), entre 1990 e 2012, aproximadamente 2,3 bilhões de pessoas obtiveram melhores condições de acesso à água potável. Nesse mesmo período, o número de crianças que morreram de doenças diarreicas, caiu de cerca de 1,5 milhão para pouco mais de 600 mil.

Inúmeros estudos têm comprovado que o acesso à água potável está associado a uma melhor saúde infantil, sendo esta relação bem estabelecida na literatura (ver, por exemplo, ESREY et al., 1991; LAVY et al., 1996; CUTLER, MILLER, 2005; KREMER et al., 2011; EBENSTEIN, 2012; BRAINERD, MENON, 2014). Black et al. (2003), por exemplo, estimaram que 88% das mortes por diarreia entre crianças abaixo de cinco anos se devem as precárias condições de acesso a água potável, saneamento e higiene. Esta faixa etária, em particular, apresenta uma maior vulnerabilidade em relação às doenças transmitidas pela água, como resultado de fracas defesas do organismo e da maior exposição, devido ao conhecimento inadequado de como evitar riscos. Dois são os principais mecanismos de transmissão de doenças causadas pela falta de sistemas de água adequado: doenças transmitidas pelo consumo de água contaminada e doenças decorrentes da falta de água e saneamento para a higiene doméstica (GALIANI et al., 2005). No Brasil, as doenças diarreicas estão entre as principais afecções que afetam a saúde de crianças menores de cinco anos, juntamente com as infecções respiratórias agudas, a desnutrição, a anemia e as doenças imunopreveníveis (VERÍSSIMO, 2008 *apud* BARROS et al., 2008).

Este trabalho examina os efeitos do tempo de atuação de um programa de expansão de acesso à água potável, a partir das cisternas de placa do Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), sobre os indicadores de mortalidade infantil por doença diarreica aguda (DDA)¹ na faixa etária de 0 a

¹Os óbitos por doença diarreica aguda correspondem aos códigos A00 a A09 do capítulo I – Algumas doenças infecciosas e parasitárias, da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10). Estas doenças são: A00 Colera, A01 Febres tifoide e paratifoide, A02 Outr. infecç. por Salmonella, A03 Shigelose, A04 Outr. infecç. intestinais bacter.,

4 anos dos municípios do semiárido brasileiro. Conforme a delimitação estabelecida em 2005, (ver BRASIL, 2005), o semiárido brasileiro é composto por 1.133 municípios², espalhados pelos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Minas Gerais. Esta região, além de marcada por grandes desigualdades sociais, é, historicamente, a mais seca do país, caracterizada por longos períodos de seca, com forte dependência dos regimes de chuva. Neste contexto, cerca de 67% das famílias rurais dos estados que compõem esta região não possuem acesso à rede geral de abastecimento de água (ASA BRASIL, 2014).

O P1MC é um programa gerenciado pela Articulação do Semiárido Brasileiro (ASA Brasil³) e que teve início em 2001, passando, a partir de 2003, a contar também com o financiamento do governo federal, via o Ministério do Desenvolvimento Social (MDS). As cisternas de placa são construídas ao redor das casas de famílias nas zonas rurais, permitindo a captação de água das chuvas por meio de calhas no telhado das residências. Cada cisterna possui capacidade para o armazenamento de 16.000 litros, volume suficiente para o consumo doméstico (beber e cozinhar) de uma família de até cinco pessoas durante o período de um ano. Além da construção das cisternas, este programa capacita as famílias beneficiadas a realizarem alguns procedimentos para a manutenção da qualidade da água (ASA BRASIL, 2003). Até 2010, pouco mais de um milhão de pessoas já haviam sido beneficiadas por este programa dentro da região do semiárido.

O P1MC, portanto, por meio da instalação de cisternas rurais, aliada à capacitação dos beneficiários para a adequada utilização e manutenção da cisterna, tem contribuído para amenizar os efeitos decorrentes da aridez da região semiárida. Este estudo explora um banco de dados em painel com o completo histórico de cisternas construídas pelo P1MC. A análise cobre o período de 2000 a 2010 e considera apenas os municípios beneficiados pelo programa no semiárido, atenuando, assim, os possíveis problemas de adoção endógena. A identificação é dada pela diferença quanto ao ano de entrada do programa em cada município, permitindo comparar municípios em que o P1MC atua há mais tempo com os de atuação mais recente. Para abordar esta questão, este trabalho aplicou a

A05 Outr. intox. alimentares bacter. NCOP, A06 Amebíase, A07 Outr. doenç. intestinais por protozoários, A08 Infecç. intestinais virais outr. e as NE, A09 Diarreia e gastroenterite orig. infecç. presum.. Estas doenças refletem as condições socioeconômicas e de saneamento, bem como as ações de atenção à saúde da criança (ver C- Mortalidade (DATASUS)).

²Em algumas publicações mais recentes, este número sobe para 1.335, em virtude do desmembramento de dois municípios. Isto será melhor abordado na seção 3 (ver, por exemplo, INSA, 2012).

³ASA é uma rede formada por mil organizações da sociedade civil que atuam na gestão e no desenvolvimento de políticas de convivência com a região semiárida. A maioria dessas organizações são organizações de base comunitária, sindicatos de trabalhadores rurais, entidades ligadas as Igrejas católica e evangélicas, ONGs e cooperativas de trabalho (ASA BRASIL, 2003, 2014).

estratégia de diferenças em diferenças.

Os resultados obtidos mostraram clara evidência quanto ao tempo de atuação do P1MC sobre a redução nas taxas de mortalidade infantil por DDA para a faixa etária de 0 a 4 anos. De acordo com a especificação básica adotada, municípios com dois anos de atuação do programa apresentaram redução de 0,405 mortes por DDA por mil nascidos vivos, enquanto que nos municípios com nove de atuação do programa, a redução foi de 1,472 mortes por DDA por mil nascidos vivos. Em termos percentuais, esses valores correspondem, respectivamente, a uma queda de 19% e 69%, quando comparados com a média de mortalidade por DDA que tais municípios apresentavam em 2000. Além disso, o efeito do programa mostrou-se mais forte nos municípios com maior proporção de população rural e crescente com o número de cisternas instaladas.

Efetuiu-se também uma série de testes, tanto com o intuito de investigar a influência de possíveis variáveis não observáveis, tais como efeito de convergência entre os municípios, grau de influência dos primeiros entrantes e efeitos antecipatórios a implementação do programa, bem como o efeito da expansão de programas do governo federal voltados para a saúde sobre os resultados. Adicionalmente, testes placebos foram criados com a finalidade de examinar a possibilidade de que os resultados encontrados fossem decorrentes de regressão espúria. Primeiro, foi testado o efeito do tempo de atuação do P1MC sobre outros tipos de doenças que não possuem ligação direta com o consumo de água potável. Checou-se também se o efeito se manteve quando o *outcome* foi definido como sendo a taxa de óbitos por doenças diarreicas. Por fim, foi realizado um teste de permutação, onde o tempo de entrada do programa nos municípios foi aleatorizado entre os anos de 2001 e 2009. Os resultados se mantiveram robustos a esses testes, reforçando a interpretação de causalidade.

Uma preocupação metodológica importante, que poderia comprometer a afirmação de causalidade dos resultados, é se a seleção dos municípios beneficiados pelo P1MC não foi ortogonal a fatores não observáveis que também afetassem a variável dependente. Abordou-se esta preocupação avaliando os determinantes da probabilidade do município da região do semiárido ser selecionado pela Asa Brasil através de um modelo de estimação *hazard* de tempo discreto. Verificou-se que nenhum dos choques testados na variável explicada influenciou a probabilidade de entrada do P1MC nos municípios. Tal resultado reforça o caráter exógeno do tratamento avaliado.

Uma recente literatura tem buscado avaliar o efeito de programas de expansão ao acesso a água limpa sobre os indicadores de saúde infantil (ver, por exemplo, ZHANG, 2012; GRANADOS,

SÁNCHEZ, 2014; GREENSTONE, HANNA, 2014). Alguns desses estudos estão estreitamente relacionados ao presente trabalho. Jalan e Ravallion (2003), com base na análise por *propensity score matching*, encontraram que as regiões rurais da Índia com água encanada apresentam menor prevalência e duração dos casos de diarreia em crianças com menos de cinco anos, quando comparado com as regiões sem água encanada. Kosec (2014), por meio da estratégia de variável instrumental, obteve resultados semelhantes para as regiões rurais de 39 países africanos. Por fim, Galiani, et al. (2009), através da estratégia de diferenças em diferenças, demonstraram que os casos de diarreia diminuíram nas favelas onde houve privatização do sistema de abastecimento de água na Argentina.

Em relação ao cenário brasileiro, Gamper-Rabindran et al. (2010), por exemplo, mostraram, com base em regressão quantílica com dados em painel, que o aumento do acesso à água encanada diminui a mortalidade infantil. A análise se deu a partir de dados dos censos de 1970 a 2000, compatibilizados por áreas mínimas comparáveis (AMC's). Rocha e Soares (2015) avaliaram, por meio de uma regressão em painel, o efeito da flutuação do volume de chuvas durante o período gestacional sobre diversos indicadores de saúde dos recém-nascidos nos municípios nordestinos da região do semiárido, encontrando que choques negativos estão fortemente associados a piores *outcomes*, incluindo mortalidade infantil.

Os trabalhos que tentaram avaliar o impacto do PIMC, até o momento, se concentraram em análises exploratórias de dados, a partir de estudos de caso (ver, por exemplo, LOPES, LIMA, 2005; SOUZA et al., 2012; PASSADOR, PASSADOR, 2010). Luna et al. (2011) realizaram uma seleção aleatória de 1765 indivíduos em 21 municípios da região agreste de Pernambuco. Com base na aplicação de questionários, compararam o número e a duração de episódios entre moradores de domicílios com e sem cisternas. Os resultados obtidos apontaram para uma redução de 73% no risco de ocorrência de episódios diarreicos para as pessoas beneficiadas com cisternas.

A literatura existente, portanto, tem investigado o impacto de melhorias no sistema de água (englobando o efeito da expansão da rede de abastecimento de água, qualidade da água e tratamento de esgoto) sobre a saúde infantil e o impacto de choques de chuva em áreas secas. Desse modo, o presente trabalho contribui para esta literatura ao analisar o efeito isolado da expansão de acesso à água sobre a saúde infantil, sendo esta análise voltada para uma região de clima seco, com forte dependência do regime de chuvas. Além disso, este trabalho é o primeiro a avaliar o impacto do PIMC a partir do seu completo histórico de cisternas, permitindo a avaliação global do programa.

Além desta introdução, este trabalho é dividido em mais cinco seções. Seção 2 descreve algumas características do semiárido brasileiro e do Programa 1 Milhão de Cisternas. Seção 3 comenta sobre as bases de dados utilizadas. Seção 4 descreve a abordagem metodológica adotada para identificar o efeito causal do programa sobre as taxas de mortalidade infantil por DDA, bem como o método aplicado para a discussão da exogeneidade do estudo. Seção 5 apresenta os resultados empíricos. Por fim, a seção 6 discute as principais implicações do trabalho.

2 O Semiárido Brasileiro e o Programa 1 Milhão de Cisternas

O semiárido brasileiro é o maior e o mais populoso do planeta, com aproximadamente 22,6 milhões de habitantes, sendo 44% residente na área rural. Esta região abriga pouco mais de 58% da população pobre do Brasil, sendo, segundo a UNICEF, quase nove milhões desse montante composto por crianças e adolescentes. Um grave problema dessa região tem sido a escassez de água, ocasionada pelos longos períodos de estiagem, deixando vulneráveis as populações sertanejas no trato das atividades domésticas e desenvolvimento de atividades econômicas, como a agricultura e pecuária familiar. Neste cenário, cerca de 67% das famílias rurais dos estados que compõem o semiárido não possuem acesso à rede geral de abastecimento de água (ASA BRASIL, 2014).

Este estudo seguiu a delimitação de semiárido conforme definido pelo Ministério da Integração em 2005. De acordo com esta definição, um município faz parte do semiárido se atende pelo menos um dos seguintes critérios técnicos: i) precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 milímetros; ii) índice de aridez de até 0,5, sendo este índice calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, entre 1961 e 1990; e iii) risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. Com base nesses critérios, o semiárido brasileiro passou a contar com 1.133⁴ municípios, abrangendo uma área de 969.589,4 km² ao longo dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Minas Gerais (BRASIL, 2005). A disposição geográfica desses municípios é mostrada na figura 1.

⁴Anteriormente, 1031 municípios faziam parte do semiárido. Os municípios que compõem o semiárido possuem uma alíquota do Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste (FNE) igual a 25%, enquanto que para os demais municípios da região Nordeste, essa alíquota é igual a 15%.

Figura 1: Delimitação do semiárido brasileiro



Fonte: Brasil (2005).

Ao longo dos anos, diversas políticas públicas foram implementadas pelo governo com o intuito de ajudar a amenizar as dificuldades decorrentes da seca dessa região. Passador e Passador (2010) classificam essas intervenções do Estado em três períodos. No primeiro período, de 1877 à década de 1950, a atuação do governo se dava através de "medidas de salvação", isto é, o governo concentrava os esforços na distribuição de alimentos para a população que migrava para as capitais e para as famílias que permaneciam na região, bem como, na construção de grandes açudes, poços e barragens. Em um segundo momento, período entre as décadas de 1950 e 1970, o governo atuou por meio da criação de instituições de planejamento e órgãos de financiamento, tais como o Banco do Nordeste e a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), que efetuavam planos e programas voltados para o aproveitamento racional dos recursos hídricos da região. No terceiro período, da década de 1970 aos dias atuais, o governo desenvolveu diversos programas para sanar as questões relativas a falta de água, com ações voltadas para a agricultura irrigada, dentre estes destacam-se o Proterra (1971), Projeto Sertanejo (1976), Prohidro (1979), Programa de Irrigação do Nordeste (PROINE, 1986), Programa Nacional de Irrigação (PRONI, 1986) e, por último, o Programa um milhão de cisternas (2001), objeto deste estudo.

O Programa 1 Milhão de Cisternas surgiu com o objetivo de atender cinco milhões de pes-

soas com o abastecimento de água potável na região semiárida, amenizando os efeitos adversos relacionados à escassez de água, ao captar o potencial hídrico dessa região em épocas chuvosas. Gerenciado pela Asa Brasil, instituição cujo surgimento se confunde ao do programa⁵, o PIMC é o principal programa vinculado ao Programa Cisterna⁶ do governo federal. Embora existam cisternas do PIMC fora da região semiárida, com a nova delimitação do semiárido⁷, em 2005, a área de atuação desse programa tornou-se restrita a esta região.

Uma das principais características do PIMC é a capacitação das diversas equipes participantes, desde as equipes gestoras até as famílias beneficiadas. Somente após a capacitação das famílias, é dado início ao processo de construção das cisternas de placa. Como forma de baratear o custo de instalação e de mobilizar os beneficiários para atuarem diretamente no processo, a escavação do buraco onde será erguida a cisterna é realizada com base na mão-de-obra familiar. Além disso, normalmente, os pedreiros e os materiais necessários são adquiridos na própria localidade, gerando ainda um efeito renda no município.

Para garantir a qualidade da água das cisternas, as famílias são orientadas a executarem algumas atividades necessárias, tais como o tratamento periódico com hipoclorito de sódio, a retirada da calha durante o período da seca, a utilização de uma única vasilha para a coleta da água (no caso de inexistir bomba de sucção⁸), o revestimento das paredes externas com cal, a limpeza anual com água sanitária e o descarte da água da primeira chuva (BRASIL, 2006).

Segundo o texto base do programa (ASA, 2003), a seleção das comunidades a serem beneficiadas dentro de cada município se baseia em dados secundários, tais como o número de crianças e adolescentes em situação de risco, taxa de mortalidade infantil, entre outros dados do DATASUS e IBGE. Já para a seleção das famílias, os critérios definidos como prioritários são: famílias chefiadas por mulheres; número de crianças de até seis anos; crianças e adolescentes na escola; adultos com idade igual ou superior a 65 anos; deficientes físicos e mentais. Contudo, de acordo com o relatório

⁵Em 1999, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção de Combate à Desertificação e à Seca (COP3), no Recife, a sociedade civil organizada e atuante na região semiárida brasileira promoveu o Fórum Paralelo da Sociedade Civil. É durante o Fórum que a ASA lança a Declaração do Semiárido, se consolida enquanto articulação e propõe a formulação de um programa para construir 1 milhão de cisternas na região (ASA BRASIL, 2014).

⁶O Programa Cisterna contabiliza todas as cisternas de placas que foram instaladas, mesmo que sem participação do MDS (ver D'ALVA, FARIAS, 2008).

⁷Segundo a base fornecida pelo ASA, existem cisternas fora do semiárido, sendo estas em menor proporção. Dentre estas localidades, inclui-se alguns municípios dos estados do Espírito Santo e Maranhão, localidades que nunca fizeram parte do semiárido (ver D'ALVA, FARIAS, 2008).

⁸A partir de julho de 2004, o projeto de cisternas passou a prever a instalação de uma bomba manual, de forma a evitar a contaminação da água armazenada em decorrência do contato direto com vasilhas (BRASIL, 2006).

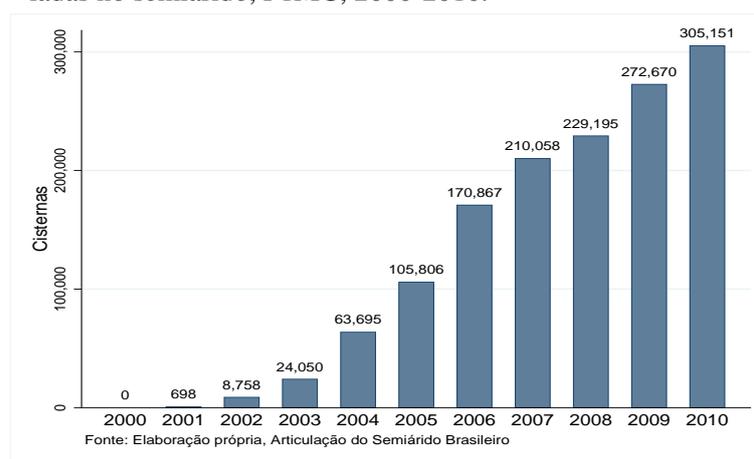
da auditoria de avaliação do TCU sobre este programa (BRASIL, 2006), tais critérios não parecem terem sido seguidos de maneira rígida. A partir de 2003, com o início da parceria com o MDS, o principal critério de seleção das famílias tem seguido o Cadastro Único do governo federal⁹.

3 Dados

Para o desenho desta avaliação, foi construída uma base de dados a partir de diversas fontes. As informações sobre o número de cisternas instaladas pelo Programa 1 Milhão de Cisternas foram obtidas junto ao ASA Brasil. O banco fornecido contém um painel com o completo histórico da quantidade de cisternas instaladas e de pessoas¹⁰ beneficiadas pelo P1MC.

Conforme já destacado, com a nova delimitação do semiárido, proposta em 2005, a atuação do P1MC voltou-se exclusivamente para esta região. Vale destacar ainda, que dos 1.133 municípios que compunham esta região (BRASIL, 2005), dois municípios sofreram processo de divisão territorial¹¹. Sendo assim, a análise realizada desconsiderou tanto os dois municípios que surgiram bem como os dois que os deram origem, ficando a avaliação final com 1131 municípios. Os gráficos abaixo mostram que, entre 2001 e 2010, foram instaladas 305.151 cisternas em 1.000 municípios nesta região.

Figura 2: Evolução do número agregado de cisternas instaladas no semiárido, P1MC, 2000-2010.

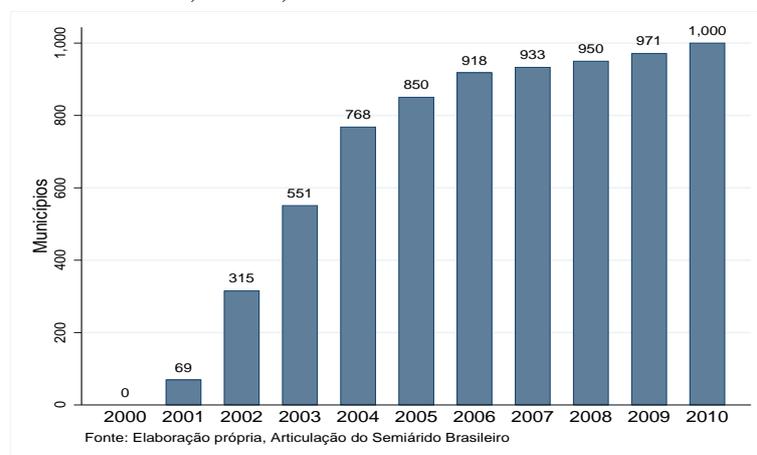


⁹Com o intuito de esclarecer se o processo de seleção do município a ser beneficiado ocorreu de maneira endógena, foi utilizado um modelo de estimação *hazard* para tempo discreto, controlando para alguns desses fatores determinantes descritos.

¹⁰A figura A1 apresenta a evolução do número de pessoas beneficiadas por ano, dentro da região do semiárido.

¹¹Os municípios que sofreram desmembramento foram Picos (PI), em 2001, dando origem a Aroeiras do Itam (PI); e o município de Serrinha (BA), que em 2005, deu origem a Barrocas (BA).

Figura 3: Evolução do número de municípios do semiárido com cisternas, P1MC, 2000-2010.



A variável dependente do estudo é taxa de mortalidade infantil por doença diarreica aguda para a faixa etária de 0 a 4 anos. Esta taxa é formada pelo número de óbitos por DDA nessa faixa etária, segundo o local de residência, dividido pelo número de nascidos vivos por local de residência da mãe, sendo o resultado final multiplicado por mil. Tais informações são disponibilizadas pelo Ministério da Saúde, via Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos (SINASC/DATASUS) e Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM/DATASUS).

Objetivando controlar por fatores que pudessem estar correlacionados tanto com o tempo de atuação do P1MC no município quanto com a taxa de mortalidade infantil por DDA, utilizou-se os seguintes controles municipais: percentual de cobertura vacinal, do Sistema de Avaliação do Programa de Imunizações (API/DATASUS); proporção de mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal (SINASC/DATASUS); \ln do número de domicílios cadastrados no SUS com abastecimento de água da rede pública, do Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB/DATASUS); despesa municipal *per capita* com saúde¹², do Sistema de Informação sobre Orçamentos Públicos em Saúde (SIOPS/DATASUS); volume de chuva no ano t e no ano $t - 1$, temperatura no ano t (ROCHA, SOARES, 2015); número de benefícios do Bolsa Família por população¹³ (Ipeadata). A tabela 1 apresenta a estatística descritiva para o ano de 2000 para os municípios cobertos e não cobertos pelo programa.

¹²Os gastos com saúde foram deflacionados pelo deflator implícito do PIB.

¹³Todas as informações utilizadas neste estudo, referentes a população dos municípios, seja por faixa etária ou total, foram obtidas pelo DATASUS.

Tabela 1: Estatística descritiva, municípios do semiárido, 2000.

VARIÁVEIS	Controle			Tratado			Dif: Tratado - Controle	
	Obs.	média	desv.pad.	Obs.	média	desv.pad.	Coef.	p-value
Mort. inf. de 0 a 4 anos	160	29.39	23.92	971	32.09	22.96	2.7089	0.170
Mort. inf. de 0 a 4 anos por DDA	160	2.206	5.515	971	2.129	4.489	-0.0769	0.846
Volume de chuva anual	160	1,082	253.7	971	1,044	276.8	-37.5025	0.109
Temperatura média anual	160	24.25	1.660	971	24.74	1.596	0.4843	0.000
Lag volume chuva anual	160	901.7	242.4	971	703.9	188.9	-197.8259	0.000
Prop. coberturas vacinais	160	75.97	11.48	971	74.90	21.83	-1.0690	0.545
Prop. mães mais de 6 consul. pré-natal	160	0.211	0.125	971	0.229	0.157	0.0181	0.166
Despesa Saúde pc	160	68.43	37.96	971	65.87	37.64	-2.5610	0.426
Ln de domicílios com abast. água rede pub.	160	0.109	0.0635	971	0.0940	0.0598	0.0318	0.845
Número de benefícios do PBF por pop.	160	0	0	971	0	0	0	-

Fonte: DATASUS; Rocha and Soares (2015); Ipeadata.

Verifica-se que, embora as taxas de mortalidade infantil fossem maiores nos municípios onde, posteriormente, houve a implantação de cisternas, o mesmo não ocorreu para as taxas de mortalidade infantil por DDA. Em ambos os casos, tal diferença não se mostrou estatisticamente significativa. Estes resultados apontam um primeiro indício da exogeneidade do estudo em relação a variável dependente.

4 Estratégia Empírica

O objetivo deste estudo é avaliar o impacto médio do tempo de atuação do P1MC sobre a mortalidade infantil por doença diarreica aguda dos municípios beneficiados na região do semiárido. Para tanto, utilizou-se a heterogeneidade no ano de entrada do programa nos municípios para identificar o efeito causal do abastecimento de água, via distribuição de cisternas. A ideia ao comparar municípios beneficiados, cuja única diferença é o tempo de exposição ao programa, é o de reduzir o possível viés de variável omitida que pode ter determinado a escolha do município, tornando a comparação mais limpa. Esta identificação depende da suposição de que o ano de implementação do programa não é correlacionada com outros fatores não-observados que também afetam a mortalidade por DDA (IMBENS, WOOLDRIDGE, 2009; ANGRIST, PISCHKE, 2009, 2014).

O cenário ideal seria comparar a taxa de mortalidade infantil por DDA observada em cada município atendido pelo P1MC com o seu contrafactual, ou seja, o que aconteceria no mesmo município caso nunca tivesse sido beneficiado pelo programa. Uma vez que não é possível observar tal contrafactual, fez-se uso de métodos não-experimentais para estimá-lo. A fim de captar o efeito de interesse, controlando por variáveis não observáveis que fossem comuns a todos os municípios

ou específicas a cada município, desde que constantes ao longo do tempo, a estratégia abordada foi a de diferenças em diferenças. A especificação básica adotada neste estudo é:

$$y_{it} = \alpha_0 + \sum_{j=1}^9 \beta_j P1MC_{jit} + \alpha_1 X_{it} + \lambda_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde y_{it} representa a taxa de mortalidade infantil por doença diarreica aguda do município i no ano t ; $P1MC_{jit}$ são *dummies* que indicam se o município i no ano t tem sido beneficiado pelo P1MC a j anos¹⁴; X_{it} representa o conjunto de controles municipais descritos na seção anterior; λ_i e λ_t constituem, respectivamente, o efeito fixo municipal e o efeito fixo de tempo; ε_{it} consiste no termo de erro. Uma vez que a variância da mortalidade está fortemente relacionada com o tamanho da população, todas as regressões foram ponderadas pela média da população da faixa etária de interesse (de 0 a 4 anos) por município (ROCHA, SOARES, 2010). Além disso, utilizou-se o erro-padrão do tipo *cluster* a nível municipal, tornando o cálculo dos erros-padrão robustos à correlação serial e a heterocedasticidade (ver BERTRAND, DUFLO, MULLAINATHAN, 2004).

Visando entender melhor a efetividade do programa, adotou-se também uma análise por heterogeneidade, uma vez que os resultados podem variar com as características dos municípios, bem como com o número acumulado de cisternas instaladas. Por fim, almejando maiores evidências de que realmente se está captando o efeito do tempo de atuação do P1MC, foram realizados alguns testes de robustez, verificando tanto a possível influência de variáveis não captadas pelo modelo, bem como a possibilidade de que os resultados obtidos fossem decorrentes de regressão espúria.

Outra preocupação relevante refere-se ao caráter exógeno do estudo. Existe a possibilidade de que a entrada do P1MC nos municípios estivesse correlacionada com algumas características municipais que fossem variáveis com o tempo, de tal modo que comprometesse a identificação do parâmetro de interesse. A preocupação principal reside em verificar se os choques nas taxas de mortalidade infantil por DDA nos anos anteriores são relevantes na decisão da ASA sobre quais

¹⁴A ideia é que o regime de chuvas do semiárido, ocorre entre novembro e abril (ROCHA, SOARES, 2015). Dessa forma, dada a maior dificuldade em construir cisternas de placas no período chuvoso, é razoável supor que a instalação de cisternas se concentre nos períodos secos, de modo que o efeito da água armazenada aconteça apenas no ano seguinte ao de instalação. A tabela A1 apresenta os resultados preliminares sem as *dummies* específicas por tempo de atuação do P1MC. Na primeira especificação, a *dummy* assume o valor igual a 1, a partir do primeiro ano após a primeira instalação, enquanto que na segunda e na terceira especificação, as *dummies* assumem valor igual a 1 se o município está, respectivamente, há 2 anos e há 3 anos no programa. Tais resultados mostram que os efeitos do programa sobre a mortalidade infantil por doenças diarreicas mudam consideravelmente com o tempo, justificando, assim, a escolha do nosso modelo. Note que este resultado considera os 1131 municípios analisados.

municípios devem ser beneficiados, por meio de alguma componente não-observável presente na evolução dessa variável. Para tanto, foram analisados os choques nos períodos $t - 1$, $t - 2$ e $t - 3$.

Seguindo Galiani, Gertler e Schargrodsky (2005), estimou-se um modelo *hazard* de tempo discreto. A grande vantagem desse modelo é que ele controla pela dependência de duração, ou seja, para o fato de que à medida que o tempo vai passando e o município ainda não foi selecionado, a probabilidade de que isto ocorra vai se tornando maior. No modelo *hazard*, a variável dependente é uma *dummy* que assume o valor igual a 1 assim que o município passa a ser atendido pelo P1MC, a partir do qual ele deixa a amostra.

Para modelar a probabilidade de que um município, em um dado período de tempo, fosse beneficiado pelo P1MC, empregou-se como variáveis de fluxo os choques na variável dependente e nas variáveis de controle da especificação geral, bem como essas variáveis nas condições iniciais. Acrescentou-se também algumas variáveis do censo demográfico de 2000, que também poderiam influenciar esta probabilidade: IDHM, média de anos de estudos do município, percentual da população rural. Por fim, incluiu-se uma variável para controlar pela dependência de duração.

5 Resultados

5.1 Determinantes da entrada do município no P1MC

A tabela 2 apresenta os resultados do modelo *hazard* para a influência dos choques nas taxas de mortalidade por DDA, na faixa etária de interesse, nos períodos $t - 1$, $t - 2$ e $t - 3$, de forma isolada e conjunta, sobre a probabilidade de entrada do P1MC nos municípios do semiárido.

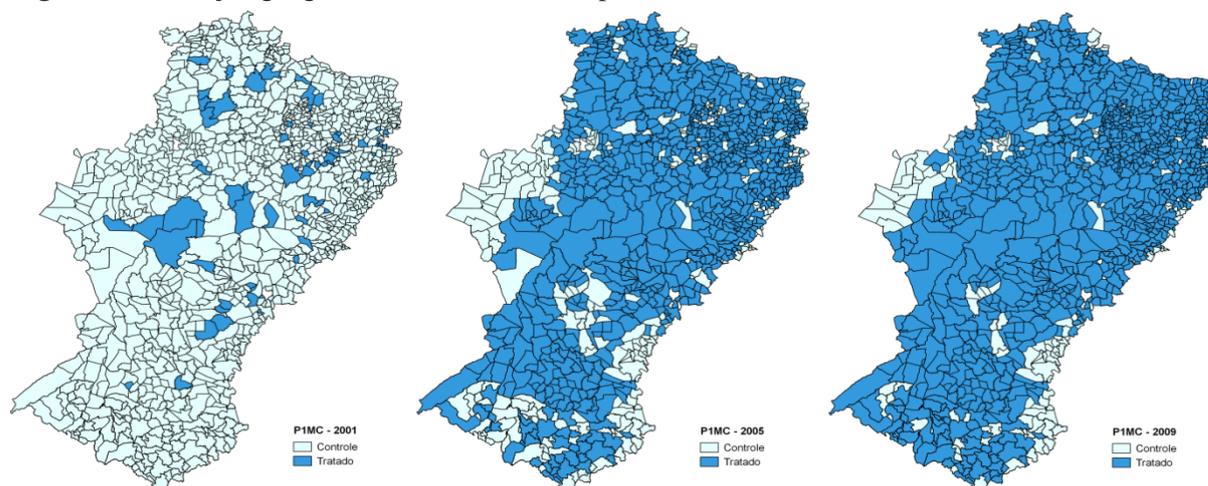
Tabela 2: Estimação *Hazard*, tempo discreto, da probabilidade de ser beneficiado pelo P1MC, municípios do semiárido, 2000-2010.

	Probabilidade de fazer parte do P1MC			
Δ_{t-1} Mort. inf. de 0 a 4 anos por DDA	0.01214 (0.00787)			0.01182 (0.00925)
Δ_{t-2} Mort. inf. de 0 a 4 anos por DDA		-0.00271 (0.00240)		-0.00069 (0.00747)
Δ_{t-3} Mort. inf. de 0 a 4 anos por DDA			0.00308 (0.00394)	0.00257 (0.00433)
Observações	6,105	6,031	5,820	5,820

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Estimação *Hazard* para tempo discreto, onde os municípios saem da amostra no primeiro ano em que recebem cisternas do P1MC. Além dos lags nos choques das variáveis dependentes, esta estimação *Hazard* contém: *lag* de um período nos choques das variáveis de controles; variáveis dependentes e independentes na condição inicial; e algumas variáveis do ano 2000, tais como IDHM, média de anos de estudos do município, % da população rural. Dados do DATASUS; Rocha e Soares (2015); Pnud (2000); Ipeadata. O choque na variável de despesa com saúde *per capita* não foi empregado nesse modelo, em virtude da disponibilidade das informações sobre despesa municipal em saúde do SIOPS/DATASUS somente a partir de 2000. Além disso, não foi utilizada a variável de benefícios de bolsa família por população total, na condição inicial, por esta assumir o mesmo valor, zero, para todos os municípios.

Os resultados indicam que nenhum dos choques testados na variável explicada influenciou a probabilidade de entrada do P1MC nos municípios. Tal resultado reforça o caráter exógeno do tratamento avaliado, sendo uma forte indicação de que a estratégia de identificação adotada irá corretamente detectar o parâmetro de interesse. Outros fatores, tais como atuação do programa em alguns municípios fora da região do semiárido, juntamente com a forte expansão do programa com o início da parceria da Asa Brasil com o MDS, reforçam a ideia de que as variações nas taxas de mortalidade infantil por DDA não parece ter sido determinante para o início da atuação do P1MC nos municípios. A figura 4 apresenta a rápida expansão desse programa, mostrando a atuação do P1MC, segundo o ano de implementação.

Figura 4: Evolução geográfica do P1MC, municípios do semiárido, 2001, 2005, 2009.



Fonte: Elaboração própria, Asa Brasil.

5.2 Especificação Básica

A tabela 3 apresenta os resultados iniciais dos efeitos do P1MC sobre as taxas de mortalidade por DDA¹⁵, com base em quatro especificações para a faixa etária de interesse. A especificação inicial controla apenas pelos efeitos fixos de município e os efeitos fixos de ano. Já a segunda especificação acrescenta os controles relacionados ao clima, enquanto que a terceira especificação incorpora também os demais controles descritos na seção de dados. A especificação final censura os dados, desconsiderando o último percentil em relação à média municipal de nascidos vivos (acima de 2.382,18), uma vez que estes representam os maiores municípios do semiárido, com melhores

¹⁵A tabela A2 apresenta os resultados para as regressões com os 1131 municípios analisados do semiárido.

infraestruturas hospitalares, de tal modo que o mecanismo testado por este estudo não deva exercer tanta influência quando comparado com os municípios menores¹⁶.

Tabela 3: Regressões de mortalidade por DDA, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos			
	(1)	(2)	(3)	(4)
P1MC_1ano	-0.163 (0.141)	-0.138 (0.142)	-0.132 (0.142)	-0.142 (0.148)
P1MC_2anos	-0.420** (0.172)	-0.377** (0.172)	-0.389** (0.173)	-0.405** (0.180)
P1MC_3anos	-0.488** (0.210)	-0.447** (0.209)	-0.470** (0.211)	-0.478** (0.222)
P1MC_4anos	-0.601** (0.242)	-0.576** (0.243)	-0.609** (0.243)	-0.594** (0.248)
P1MC_5anos	-0.688** (0.281)	-0.664** (0.280)	-0.707** (0.281)	-0.730** (0.290)
P1MC_6anos	-0.895*** (0.334)	-0.870*** (0.330)	-0.925*** (0.330)	-0.956*** (0.336)
P1MC_7anos	-1.058*** (0.378)	-1.028*** (0.371)	-1.101*** (0.370)	-1.136*** (0.375)
P1MC_8anos	-1.109** (0.438)	-1.061** (0.429)	-1.148** (0.422)	-1.269** (0.425)
P1MC_9anos	-1.481*** (0.503)	-1.407*** (0.495)	-1.448*** (0.495)	-1.472*** (0.503)
Efeito fixo municipal	Sim	Sim	Sim	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim	Sim	Sim	Sim
Volume de chuva anual	Não	Sim	Sim	Sim
Temperatura média anual	Não	Sim	Sim	Sim
Lag volume chuva anual	Não	Sim	Sim	Sim
Prop. coberturas vacinais	Não	Não	Sim	Sim
Prop. mães mais de 6 consul. pré-natal	Não	Não	Sim	Sim
Ln de domicílios com abas. água rede pub.	Não	Não	Sim	Sim
Despesa com saúde pc	Não	Não	Sim	Sim
Número de benefícios do PBF por pop.	Não	Não	Sim	Sim
Exclui o top 1% da média de nasc. vivos	Não	Não	Não	Sim
Observações	10,681	10,681	10,681	10,582
Número de municípios	971	971	971	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles adicionais incluídos em algumas especificações são: volume de chuva anual; lag do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; despesa com saúde municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata). Especificação 4 exclui os municípios do último percentil em relação a média de nascidos vivos.

Os resultados mostrados na tabela acima sugerem uma forte relação negativa entre o tempo de atuação do programa e a mortalidade infantil por DDA para a faixa etária analisada, sendo este efeito crescente com o tempo de atuação do programa. Para os municípios que estão há nove anos no P1MC, segundo a terceira especificação, a redução na mortalidade infantil por doenças diarreicas foi na ordem de 1,448 por mil nascidos vivos, quando comparado com os municípios com menos tempo de participação no programa, uma queda de pouco mais de 68% em relação à média de mortalidade infantil por DDA de 2000. Verifica-se também que os resultados se mantiveram relativamente es-

¹⁶Estratégia semelhante foi adotada por Rocha e Soares (2015).

táveis, mesmo com o acréscimo de inúmeras variáveis que poderiam atenuar a mortalidade infantil por DDA.

Percebe-se, ainda, que o efeito de interesse aumentou com a exclusão do último percentil em relação à média de nascidos vivos, comprovando que o mecanismo explorado não parece ser relevante para os maiores municípios. Segundo esta última especificação, municípios com dois anos de atuação do programa apresentaram redução de 0,405 mortes por DDA por mil nascidos vivos, enquanto que nos municípios com nove anos de atuação do programa, a redução foi de 1,472 mortes por DDA por mil nascidos vivos. Quando comparados com a média de mortalidade por DDA na faixa etária de 0 a 4 anos que tais municípios apresentavam em 2000 (igual a 2,129), esses valores correspondem, respectivamente, a uma queda de 19% e 69%. Para as demais análises realizadas ao longo do estudo, adotou-se a especificação final como *benchmark*.

5.3 Resposta Heterogênea

Uma forma de compreender melhor a efetividade do programa é estimando o seu o efeito sobre duas amostras, geradas a partir da divisão do grupo de análise. Esta estratégia permite comparar municípios com pré-condições semelhantes, sendo a principal diferença, o tempo de atuação do programa de cisternas do P1MC. As duas amostras analisadas foram criadas a partir da mediana do percentual da população rural, segundo o censo demográfico de 2000¹⁷. Uma vez que a finalidade do programa é promover o abastecimento de água nas áreas rurais, presume-se que tal efeito deva ser maior nos municípios com maiores percentuais da população vivendo nessas áreas¹⁸. De fato, os resultados apresentados abaixo estão de acordo com este objetivo, uma vez que o efeito do tempo de atuação do P1MC se mostrou mais efetivo nessas localidades, apesar da perda na precisão em virtude do menor número de observações.

¹⁷Para a construção da variável de percentual de população rural, utilizou os dados de população rural e população total por município, em 2000, coletados do Ipeadata.

¹⁸A tabela A3 apresenta os resultados para o corte pela taxa de mortalidade infantil em 2000. O efeito da redução, de fato, parece ter sido mais forte no grupo de municípios que se encontravam em piores condições, sobretudo, para os períodos mais longos de atuação do programa. Embora tais resultados apareçam de modo menos bem definido do que o da tabela 4, a seleção dos municípios pode ter sido muito próxima, uma vez que, em geral, municípios com alto percentual da população rural tendem a estar positivamente correlacionados com a taxa de mortalidade infantil.

Tabela 4: Regressões de mortalidade por DDA, grupo de população rural, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos	
	Acima da mediana	Abaixo da mediana
P1MC_1ano	-0.272 (0.249)	-0.029 (0.180)
P1MC_2anos	-0.477* (0.284)	-0.368 (0.225)
P1MC_3anos	-0.400 (0.367)	-0.538** (0.271)
P1MC_4anos	-0.703* (0.389)	-0.470 (0.313)
P1MC_5anos	-0.871* (0.476)	-0.590* (0.353)
P1MC_6anos	-0.940* (0.559)	-0.893** (0.407)
P1MC_7anos	-1.185* (0.629)	-1.007** (0.449)
P1MC_8anos	-1.265* (0.708)	-1.146** (0.511)
P1MC_9anos	-1.698** (0.860)	-1.188** (0.596)
Efeito fixo municipal	Sim	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim	Sim
Controles municipais	Sim	Sim
Observações	5,291	5,291
Número de municípios	481	481

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; \ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Até o momento, foi considerado apenas o impacto do tempo de atuação do programa nos municípios sobre a mortalidade infantil por DDA. No entanto, dado a disponibilidade de informações sobre a quantidade de cisternas instaladas, estimou-se também o efeito do crescimento no número de cisternas. Se o programa for realmente importante, espera-se que a quantidade de cisternas magnifique seu efeito. Para tanto, interagiu-se as variáveis de anos de atuação do P1MC com o \ln do acumulado de cisternas instaladas por município. Os resultados da tabela 5 apontam para uma maior redução percentual na taxa de mortalidade por DDA, à medida que o número de cisternas aumenta, dado o tempo de exposição ao programa¹⁹.

¹⁹Resultado bastante semelhante foi obtido para a interação das *dummies* de tratamento com o \ln da população beneficiada pelo P1MC, ver tabela A4.

Tabela 5: Regressões da mortalidade por DDA, interação do *ln* da quantidade de cisternas por município com as *dummies* de interesse, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
ln qtd. cisternas*P1MC_1ano	-0.018 (0.042)
ln qtd. cisternas*P1MC_2anos	-0.074* (0.039)
ln qtd. cisternas*P1MC_3anos	-0.064 (0.043)
ln qtd. cisternas*P1MC_4anos	-0.073* (0.044)
ln qtd. cisternas*P1MC_5anos	-0.084* (0.046)
ln qtd. cisternas*P1MC_6anos	-0.110** (0.052)
ln qtd. cisternas*P1MC_7anos	-0.131** (0.055)
ln qtd. cisternas*P1MC_8anos	-0.139** (0.062)
ln qtd. cisternas*P1MC_9anos	-0.162** (0.071)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Observações	10,582
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; *ln* do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Os resultados obtidos a partir das análises acima mostram-se consistentes com os objetivos do programa. O P1MC se mostrou mais atuante nas regiões com maior proporção da população rural e crescente com o número de cisternas implantadas.

5.4 Robustez

Visando obter uma interpretação causal dos resultados, realizou-se uma série de testes de robustez. Primeiramente, investigou-se a possível influência de possíveis variáveis não captadas pela especificação geral adotada sobre os resultados, testando o efeito de convergência entre os municípios, possíveis tendências anteriores a implementação do programa, provável grau de influência dos primeiros entrantes e a intensificação dos programas de saúde do governo federal. Adicionalmente, foram empregados alguns testes placebos, examinando a possibilidade dos resultados serem decorrentes de regressão espúria. Inicialmente, testou-se o possível efeito do tempo de atuação do P1MC

sobre outros tipos de doenças que não possuem ligação direta com o consumo de água potável. Checou-se também se o efeito se manteve quando o *outcome* passou a ser definido como a taxa de óbitos por doenças diarreicas. Por fim, foi realizado um teste de permutação, onde o tempo de entrada do programa nos municípios foi aleatorizado entre os anos de 2001 e 2009.

A primeira preocupação consistiu em investigar se os resultados obtidos não são fruto da convergência entre os municípios com maiores taxas de mortalidade por DDA para os municípios com menores taxas dentro do semiárido. Ou seja, a ideia foi testar, se por algum motivo não captado no modelo, os municípios que estavam em piores condições de mortalidade por DDA melhoraram mais rápido do que os que se encontravam em melhores condições no ano 2000. Para isso, acrescentou-se a interação entre a variável dependente na condição inicial e as *dummies* temporais como controles na especificação geral, permitindo, assim, uma tendência para cada nível de mortalidade por DDA inicial. Mesmo incorporando tal efeito convergência no modelo, as *dummies* de interesse se mantiveram significantes, comprovando que o resultado obtido não foi decorrente apenas da convergência entre os municípios.

Tabela 6: Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, convergência entre os municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
P1MC_1ano	-0.099 (0.142)
P1MC_2anos	-0.335** (0.171)
P1MC_3anos	-0.365* (0.206)
P1MC_4anos	-0.435* (0.224)
P1MC_5anos	-0.540** (0.248)
P1MC_6anos	-0.727*** (0.278)
P1MC_7anos	-0.864*** (0.306)
P1MC_8anos	-0.961*** (0.337)
P1MC_9anos	-1.131*** (0.422)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Interação da mortalidade inicial por DDA com <i>dummies</i> temporais	Sim
Observações	10,582
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Uma preocupação semelhante consistiu em verificar se a redução na mortalidade infantil por DDA estava correlacionada com alguma tendência anterior não captada pela especificação adotada. Investigou-se, desse modo, a possível ocorrência de efeitos antecipatórios ao ano de implementação do programa. Esta formulação segue o espírito do teste de Granger²⁰, sendo bastante comum no âmbito de diferenças em diferenças (ver AUTOR, 2003; ROCHA, SOARES, 2010). Para tanto, foi acrescentado ao modelo *dummies* que indicavam, respectivamente, um, dois e três anos antes do município ser atendido pelo P1MC. A ideia é que o efeito de tais *dummies* seja insignificante. De fato, nenhuma delas teve um impacto significativo sobre a redução da mortalidade por DDA,

²⁰A ideia do teste de Granger é ver se a causa acontece antes da consequência, e não ao contrário (ANGRIST, PISCHKE, 2009).

sugerindo uma evidência causal dos resultados.

Tabela 7: Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, tendências anteriores, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
P1MC_1ano	-0.078 (0.153)
P1MC_2anos	-0.329* (0.182)
P1MC_3anos	-0.386* (0.225)
P1MC_4anos	-0.486* (0.254)
P1MC_5anos	-0.605** (0.298)
P1MC_6anos	-0.814** (0.344)
P1MC_7anos	-0.977** (0.385)
P1MC_8anos	-1.090** (0.436)
P1MC_9anos	-1.269** (0.522)
P1MC_1anoantes	0.169 (0.143)
P1MC_2anosantes	-0.070 (0.135)
P1MC_3anosantes	-0.065 (0.165)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Observações	10,582
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Adicionalmente, é possível que haja alguma característica não observada dos primeiros entrantes, fazendo com que estes carreguem a maior parte do efeito. Em outras palavras, pode ser que os primeiros beneficiados tenham alguma característica que os faça reduzir suas taxas de mortalidade infantil por DDA de maneira mais acentuada que os demais municípios tratados posteriormente. Para se proteger de tal possibilidade, acrescentou-se as interações entre o grupo de municípios que entraram nos anos de 2001 e 2002, antes da atuação do MDS, com as *dummies* de interesse. Com base nos resultados da tabela 8, constata-se que os efeitos para estas novas *dummies* foram insignificantes. Ou seja, os resultados obtidos até aqui, também não parecem ser explicados pelas

características não observadas dos primeiros entrantes.

Tabela 8: Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, efeito dos primeiros entrantes, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
P1MC_1ano	-0.038 (0.200)
P1MC_2anos	-0.364 (0.231)
P1MC_3anos	-0.349 (0.271)
P1MC_4anos	-0.546* (0.292)
P1MC_5anos	-0.638* (0.366)
P1MC_6anos	-0.851** (0.429)
P1MC_7anos	-1.023** (0.493)
P1MC_8anos	-1.203*** (0.436)
P1MC_9anos	-1.398*** (0.530)
primeiros1	-0.225 (0.280)
primeiros2	-0.013 (0.302)
primeiros3	-0.176 (0.297)
primeiros4	0.040 (0.284)
primeiros5	-0.048 (0.298)
primeiros6	-0.067 (0.309)
primeiros7	-0.059 (0.311)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Observações	10,582
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Verificou-se também se a expansão de programas do governo federal voltados para a saúde podia estar correlacionado com a expansão do programa de cisternas no semiárido. As variáveis acrescentadas foram o percentual da população na faixa etária de 0 a 4 anos coberta pelos "Programa Saúde da Família"(PSF) e "Agentes Comunitários de Saúde"(ACS)²¹ e uma variável *dummy*, indicando os

²¹O PSF e o ACS são os dois principais programas de acompanhamento de atenção básica de saúde do Brasil.

municípios, que a partir de 2009, passaram a ser atendidos pelo "Pacto Pela Redução da Mortalidade Infantil No Nordeste e Amazônia Legal"²². Mesmo com a adição dessas variáveis, os efeitos de interesse se mantiveram significantes.

Tabela 9: Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA, adicionando controles de programas de saúde do governo federal, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
P1MC_1ano	-0.142 (0.148)
P1MC_2anos	-0.405** (0.180)
P1MC_3anos	-0.477** (0.222)
P1MC_4anos	-0.592** (0.248)
P1MC_5anos	-0.724** (0.289)
P1MC_6anos	-0.948*** (0.336)
P1MC_7anos	-1.117*** (0.375)
P1MC_8anos	-1.236*** (0.425)
P1MC_9anos	-1.434*** (0.502)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Programa Saúde da família (PSF)	Sim
Agentes Comunitários de Saúde (ACS)	Sim
Pacto Redução Mort. Inf. NE e AM	Sim
Observações	10,582
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Com o propósito de reforçar de que se está obtendo o efeito causal do P1MC sobre a redução da mortalidade infantil por DDA, investigou-se o efeito do programa sobre outras doenças que acometem a população menor de cinco anos de idade, mas que não são diretamente correlacionadas com o consumo de água limpa. Esta análise é importante, pois controla por características não observáveis que estejam melhorando os indicadores de saúde nos municípios atendidos pelo P1MC e que este-

²²Este programa surge em 2009, com o objetivo de reduzir óbitos infantis em alguns municípios das regiões Norte e Nordeste, cujos indicadores de mortalidade apresentavam-se elevados. Nishimura e Sampaio (2014) mostraram que a atuação deste programa foi efetiva quanto ao cumprimento deste objetivo.

jam, de algum modo, correlacionadas com o tempo de exposição ao programa. Por exemplo, pode ser que os municípios que foram tratados há mais tempo já apresentassem melhores gestões políticas, que desenvolvessem ações locais de maior atenção à saúde infantil. A tabela 10 exhibe o efeito do P1MC sobre as doenças respiratórias e doenças decorrentes de afecções originadas no período perinatal²³. Os resultados apontam para efeitos insignificantes para estes grupos de doenças.

Tabela 10: Regressões de mortalidade por doenças respiratórias agudas e doenças decorrentes de afecções originadas no período perinatal, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	Doenças Respiratórias	Afec. Período Perinatal
	de 0 a 4 anos	
P1MC_1ano	0.167 (0.111)	0.363 (0.360)
P1MC_2anos	0.041 (0.137)	0.440 (0.471)
P1MC_3anos	0.140 (0.170)	-0.536 (0.575)
P1MC_4anos	0.357* (0.201)	-0.260 (0.701)
P1MC_5anos	0.197 (0.235)	-0.100 (0.859)
P1MC_6anos	0.341 (0.268)	-0.964 (0.974)
P1MC_7anos	0.228 (0.308)	-1.065 (1.121)
P1MC_8anos	0.272 (0.356)	-1.229 (1.281)
P1MC_9anos	0.275 (0.422)	-1.524 (1.544)
Efeito fixo municipal	Sim	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim	Sim
Controles municipais	Sim	Sim
Observações	10,582	10,582
Número de municípios	962	962

Nota: ***, ** e * representam p<1%, p<5% e p<10% respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

O resultado da tabela acima confirma que não se está obtendo uma regressão espúria em relação ao efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA. Buscou-se também ver se o efeito do tempo de atuação do programa se mantinha, mesmo com uma definição alternativa do *outcome* do estudo. O *outcome* alternativo avaliado é dado pela razão entre o número total de óbitos por DDA,

²³ Os óbitos por infecção respiratória aguda correspondem aos códigos J00 a J22 do capítulo X – Doenças do aparelho respiratório, da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), enquanto que os óbitos por afecções originadas no período perinatal correspondem aos códigos P00 a P96 do capítulo XVI – Algumas afecções originadas no período perinatal, da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10) (ver as definições de mortalidade, DATASUS).

na faixa etária de 0 a 4 anos, pelo número total de óbitos na mesma faixa etária. Dessa forma, tentou-se analisar o efeito do programa, de forma mais direta, sobre a redução nas mortes por DDA, separando-o da possível influência do programa sobre o número de nascidos vivos. A tabela 11 comprova que, mesmo com esta nova definição, o efeito do P1MC se manteve.

Tabela 11: Regressões da proporção de óbitos por DDA, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

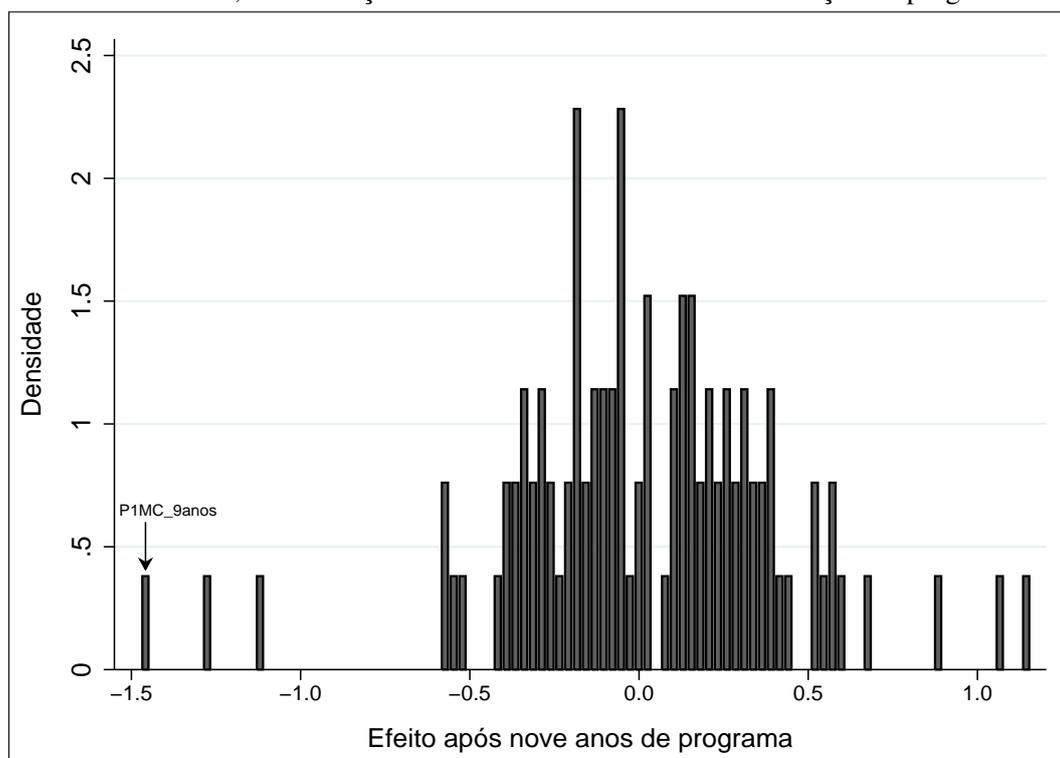
VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
P1MC_1ano	-0.0032 (0.0052)
P1MC_2anos	-0.0171*** (0.0059)
P1MC_3anos	-0.0134* (0.0076)
P1MC_4anos	-0.0189** (0.0081)
P1MC_5anos	-0.0235** (0.0096)
P1MC_6anos	-0.0296*** (0.0110)
P1MC_7anos	-0.0326*** (0.0123)
P1MC_8anos	-0.0375*** (0.0140)
P1MC_9anos	-0.0492*** (0.0181)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Observações	9,656
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Por fim, efetuou-se um teste de permutação semelhante ao realizado por Cheng (2012). Especificamente, aleatorizou-se o ano de implementação do P1MC, entre 2001 e 2009, para cada um dos municípios tratados, sendo este procedimento repetido cem vezes. Para cada amostra aleatória gerada, foram criadas as *dummies* de tempo de atuação do programa e estimado o efeito dessas *dummies* sobre a mortalidade infantil por DDA. A figura 5 apresenta a distribuição desses efeitos placebos para a *dummy* de nove anos de atuação do P1MC. Verifica-se que o efeito real é maior do que os efeitos placebos estimados²⁴.

²⁴Este teste foi repetido com cinco sementes diferentes no processo de geração dos anos. Em todas, o efeito real se mostrou superior ao quantil 95 em relação aos efeitos placebos.

Figura 5: Robustez do efeito do P1MC sobre a mortalidade infantil por DDA para a faixa etária de 0 a 4 anos, aleatorização do tratamento de nove anos de atuação do programa.



Nota: O gráfico apresenta o teste de permutação do efeito de estar a nove anos no programa sobre a mortalidade infantil por DDA de 0 a 4 anos. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Todas as regressões incluem, além dos efeitos fixos municipais e temporais, os seguintes controles municipais: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; despesa com saúde municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Todas as evidências apresentadas sugerem que existe uma clara associação entre o tempo de atuação do P1MC nos municípios do semiárido brasileiro e a redução na taxa de mortalidade infantil por doença diarreica aguda. Este efeito se mostrou crescente com o número de cisternas e mais forte nos municípios com maior população rural. Por fim, a série de testes de robustez realizada indica que este *link* entre o tempo de atuação do P1MC e redução da mortalidade infantil por DDA na faixa etária de 0 a 4 anos é causal.

6 Conclusão

Ainda existem milhões de famílias fazendo uso de fontes de água inadequadas ao consumo humano, o que afeta, principalmente, a saúde das crianças. A ampliação do acesso à água limpa tem sido um dos principais programas de infraestrutura relacionado com a saúde no mundo. O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da expansão do consumo de água potável sobre a mortalidade infantil

por doença diarreica aguda nos municípios da região do semiárido mais populoso do mundo, o brasileiro, por meio de um mecanismo de infraestrutura descentralizada de abastecimento.

Foi empregado o modelo de diferenças em diferenças, permitindo que o efeito fosse heterogêneo ao tempo de atuação do programa no município. Partindo do completo histórico de cisternas construídas pelo Programa 1 Milhão de Cisternas no semiárido brasileiro, obteve-se evidências consistentes de uma relação causal entre o tempo de atuação do PIMC sobre as taxas de mortalidade infantil por doença diarreica aguda, ao longo do período de 2000 a 2010. Os resultados se mostraram robustos a um conjunto de hipóteses sobre endogeneidade que poderiam estar influenciando o efeito estimado, reforçando a interpretação de causalidade. Além disso, este efeito se mostrou mais forte com o crescimento no número de cisternas instaladas.

A principal contribuição deste trabalho, além de ser o primeiro estudo que se propõe a fazer uma avaliação completa do PIMC, está em tentar isolar o efeito causal da expansão da oferta de água sobre a mortalidade infantil por DDA, particularmente para as zonas semiáridas. Mesmo com a limitação dos dados em relação ao conjunto total de cisternas que possam existir no semiárido, os resultados encontrados evidenciam a eficácia da atuação deste tipo de programa. Uma possível expansão futura deste trabalho seria avaliar o conjunto completo de cisternas sobre os indicadores de educação. Poderia-se analisar o efeito da implementação de cisternas sobre o desempenho escolar das crianças que moram em casas beneficiadas, uma vez que as cisternas acabam com as viagens em busca de água, permitindo, não apenas que a criança passe mais tempo em casa, como também que a mãe possa se dedicar mais à educação formal (ou escolar) dos filhos.

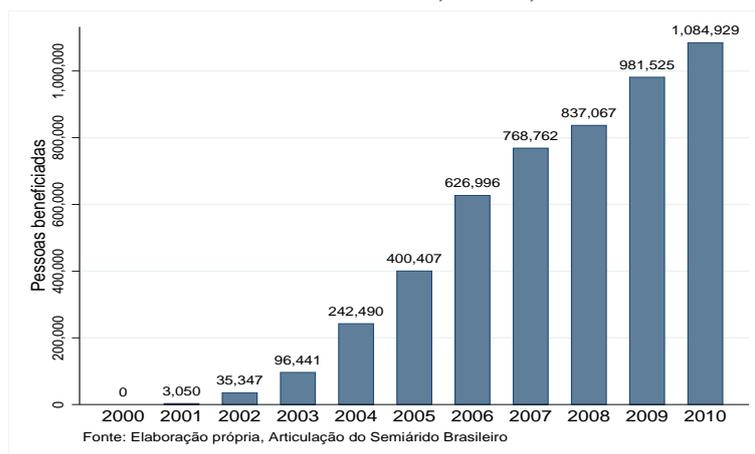
Referências

- [1] ANGRIST, J.; PISCHKE, J. **Mostly Harmless Econometrics: An Empiricist's Companion**. Princeton University Press, 2009.
- [2] _____. **Mastering' Metrics: The Path from Cause to Effect**. Princeton University Press, 2014.
- [3] ASA BRASIL - Articulação do Semiárido Brasileiro. **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: Um milhão de cisternas rurais P1MC**. Recife, 2003.
- [4] _____. - Articulação do Semiárido Brasileiro. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/portal/Default.asp>>. Acessado em: dezembro de 2014.
- [5] AUTOR, D.H. Outsourcing at will: The contribution of unjust dismissal doctrine to the growth of employment outsourcing. **Journal of Labor Economics**. v. 21, n. 1, p. 1–42, 2003.
- [6] BARROS A. P. P. R. et. al O Impacto das Ações para a redução da mortalidade infantil no municípios de São Caetano no período de 2004 a 2006. **Monografia (Especialização em Gestão de Sistemas e Serviços de Saúde)**. Fundação Oswaldo Cruz. Recife, 2008.
- [7] BERTRAND, M.; DUFLO, E.; MULLAINATHAN, S. How Much Should We Trust Differences-In-Differences Estimates? **The Quarterly Journal of Economics**, v. 119, n. 1, p. 249–275, 2004.
- [8] BLACK, R.E.; MORRIS, S. S.; BRYCE, J. Where and why are 10 million children dying every year? **The Lancet**, v. 361, p. 2226–2234, 2003.
- [9] BRAINERD, E.; MENON, N. Seasonal effects of water quality: The hidden costs of the Green Revolution to infant and child health in India. **Journal of Development Economics**, v 104, p. 49-64, 2014.
- [10] BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Relatório de Avaliação de Programa Ação Construção de Cisternas para Armazenamento de Água**. Relator Ministro Guilherme Palmeira. – Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização e Avaliação de Programas de Governo, 2006.
- [11] _____. Ministério da Integração. **Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro**. Brasília, 2005, p. 35. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915>. Acessado em: dez. 2014.
- [12] CHENG, C. The Effect of Cell Phone Bans on Driver Behavior, Accidents, and Causalities. **Texto para Discussão**. Texas A&M University, 2012. Disponível em: <http://econweb.tamu.edu/common/files/papers/JMPaper_Cheng.pdf>. Acessado em: dez. 2014.
- [13] CUTLER, D.; MILLER, G. The Role of public health improvements in health advances: The twentieth-century United States. **Demography**. v 42, n. 1, p. 1-22, 2005.
- [14] D'ALVA, O. A.; FARIAS, L. O. P. Programa Cisternas: Um estudo sobre a demanda, cobertura e focalização. **Cadernos de Estudos**, n. 7, Brasília, DF, 2008.

- [15] EBENSTEIN, A. The consequences of industrialization: evidence from water pollution and digestive cancers in China. **Review of Economics and Statistics**, v. 94, n. 1, p. 186-201, 2012.
- [16] ESREY, S. A.; POTASH, J. B.; ROBERTS, L.; SHIFF, C. Effects of Improved Water Supply and Sanitation on Ascariasis, Diarrhoea, Dracunculiasis, Hookworm Infection, Schistosomiasis, and Trachoma. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 69, n. 5, p. 609–621, 1991.
- [17] GALIANI, S.; GERTLER, P.; SHARGRODSKY, E. Water for life: The impact of the privatization of water services on child mortality. **Journal of political economy**, v. 113, n. 1, p. 83-120, 2005.
- [18] GALIANI, S.; GONZALEZ-ROZADA, M., SHARGRODSKY, E. Water expansions in Shantytowns: health and savings. **Economica**, v. 76, n. 304, p. 607–622, 2009.
- [19] GAMPER-RABINDRAN, S.; KHAN, S.; TIMMINS, C. The Impact of Piped Water Provision on Infant Mortality in Brazil: A Quantile Panel Data Approach. **Journal of Development Economics**, v. 92, n. 2, p. 188-200, 2010.
- [20] GRANADOS, C.; SÁNCHEZ, F. Water Reforms, Decentralization and Child Mortality in Colombia, 1990-2005. **World Development**. v. 53, p. 68-79, 2014.
- [21] GREENSTONE, M.; HANNA, R. Environmental Regulations, Air and Water Pollution, and Infant Mortality in India. **American Economic Review**, v. 104, n. 10, p. 3038–72, 2014.
- [22] IMBENS, G.; WOOLDRIDGE, J. M. Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. **Journal of Economic Literature**, v. 47, n. 1, p. 5-86, 2009.
- [23] INSA - Instituto Nacional do Semiárido. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**, Campina Grande, Paraíba, 2012..
- [24] JALAN, J.; RAVALLION, M. Does piped water reduce diarrhea for children in rural India? **Journal of Econometrics**. v. 112, n. 1, p. 153–173, 2003.
- [25] KOSEC, K. The child health implications of privatizing africa’s urban water supply. **Health Economics**, v. 35, p. 1-19, 2015.
- [26] KREMER, M.; LEINO, J., MIGUEL, E.; ZWANE, A. Spring cleaning: a randomized evaluation of source water quality improvement. **The Quartely Journal of Economics**, v. 126, p. 145-205, 2011.
- [27] LAVY, V.; STRAUSS, J.; THOMAS, D.; VREYER, P. Quality of health care, survival and health outcomes in Ghana. **Journal of Health Economics**, v. 15, p. 333-357, 1996.
- [28] LUNA, C. F.; BRITO, A. M., COSTA, A. M., LAPA, T. M., FLINT, J. A., MARCYNUK, P. Impacto do uso da água de cisternas na ocorrência de episódios diarreicos na população rural do agreste central de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v.11, n.3, p. 283-292, 2011.
- [29] LOPES, E. S. A.; LIMA, S. L. S. Análise do Programa Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, no município de Tobias Barreto, Estado de Sergipe. In: **Políticas Públicas, Atores e Desenvolvimento Local/Territorial: Análise sobre Três Casos no Meio Rural Brasileiro**, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, julho de 2005.

- [30] NISHIMURA, F.; SAMPAIO, B. Efeito do Programa Pacto pela Redução da Mortalidade Infantil no Nordeste e Amazônia Legal, **Texto para Discussão**. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/documents/160445/226386/ss1_mesa3_artigos2014_efeito_programa_pacto_reducao.pdf/1433709d-6920-4629-b766-e03acf26d0fa>. Acessado em: dez. 2014.
- [31] PASSADOR, C. S.; PASSADOR, J. L. Apontamentos sobre as Políticas Públicas de Combate à Seca no Brasil: Cisternas e Cidadania?. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v.15, n.56, São Paulo: 2010.
- [32] ROCHA, R.; SOARES, R. R. Evaluating the impact of community-based health interventions: Evidence from Brazil's Family Health Program. **Health Economics**, v. 19, n. 1, p. 126-158, 2010.
- [33] ROCHA, R.; SOARES, R. R. Water Scarcity and Birth Outcomes in the Brazilian Semiarid. **Journal of Development Economics**, v. 112, p. 72-91, 2015.
- [34] SOUZA, J. M.; SILVA, R.J.N.; DUARTE, K. A.; VASCONCELOS, C. M.; NOGUEIRA, J.M.S. **Avaliação conceitual do Programa Um Milhão de Cisternas na Comunidade de Lages - Quixeramobim**. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água da Chuva. Cmapina Grande, 2012.
- [35] WHO, UNICEF. **Progress on Drinking Water and Sanitation – 2014 update**. 2014.
- [36] WHO. **UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2014 report: investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities**. 2014
- [37] ZHANG, J. The impact of water quality on health: Evidence from the drinking water infrastructure program in rural China. **Journal of Development Economics**, v. 31, p. 122-134, 2012.

ANEXOS

Figura A1: Evolução do número agregado de pessoas no semiárido beneficiadas com cisternas, PIMC, 2000-2010.**Tabela A1:** Regressões da mortalidade infantil por DDA, verificando a heterogeneidade no tempo de tratamento, municípios do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	semiárido		
	de 0 a 4 anos		
PIMC _{t-1}	-0.084 (0.107)		
PIMC _{t-2}		-0.218** (0.102)	
PIMC _{t-3}			-0.192** (0.093)
Efeito fixo municipal	Sim	Sim	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim	Sim	Sim
Controles municipais	Sim	Sim	Sim
Observações	12,441	12,441	12,441
Número de municípios	1,131	1,131	1,131

Note: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata). As *dummies* PIMC_{t-1}, PIMC_{t-2} e PIMC_{t-3} ascendem 1, respectivamente, após um ano, dois anos e três anos de programa.

Tabela A2: Regressões de mortalidade por DDA por faixa etária, municípios do semiárido, 2000-2010.

	semiárido			
	de 0 a 4 anos			
P1MC_1ano	-0.030 (0.123)	-0.006 (0.124)	0.018 (0.124)	-0.009 (0.128)
P1MC_2anos	-0.229* (0.131)	-0.188 (0.132)	-0.171 (0.132)	-0.214 (0.137)
P1MC_3anos	-0.262* (0.144)	-0.217 (0.144)	-0.198 (0.144)	-0.244 (0.154)
P1MC_4anos	-0.344** (0.150)	-0.311** (0.151)	-0.291* (0.151)	-0.320** (0.154)
P1MC_5anos	-0.386** (0.162)	-0.347** (0.159)	-0.326** (0.159)	-0.403** (0.165)
P1MC_6anos	-0.527*** (0.186)	-0.482*** (0.181)	-0.462** (0.180)	-0.559*** (0.185)
P1MC_7anos	-0.631*** (0.207)	-0.580*** (0.198)	-0.568*** (0.196)	-0.682*** (0.202)
P1MC_8anos	-0.628** (0.249)	-0.556** (0.239)	-0.549** (0.231)	-0.760*** (0.235)
P1MC_9anos	-0.951*** (0.319)	-0.852*** (0.311)	-0.792** (0.309)	-0.913*** (0.316)
Efeito fixo de tempo	Sim	Sim	Sim	Sim
Volume de chuva anual	Não	Sim	Sim	Sim
Temperatura média anual	Não	Sim	Sim	Sim
Lag volume chuva anual	Não	Sim	Sim	Sim
Prop. coberturas vacinais	Não	Não	Sim	Sim
Prop. mães mais de 6 consul. pré-natal	Não	Não	Sim	Sim
Ln de domicílios com abas. água rede pub.	Não	Não	Sim	Sim
Despesa com saúde pc	Não	Não	Sim	Sim
Número de benefícios do PBF por pop.	Não	Não	Sim	Sim
Exclui o top 1% da média de nasc. vivos	Não	Não	Não	Sim
Observações	12,441	12,441	12,441	12,320
Número de municípios	1,131	1,131	1,131	1,120

Note: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles adicionais incluídos em algumas especificações são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; Ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata). Especificação 4 exclue os municípios do último percentil em relação a média de nascidos vivos.

Tabela A3: Regressões de mortalidade por DDA por faixa etária e grupo mortalidade infantil em 2000, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos	
	Acima da mediana	Abaixo da mediana
P1MC_1ano	-0.096 (0.233)	-0.124 (0.177)
P1MC_2anos	-0.405 (0.300)	-0.289 (0.198)
P1MC_3anos	-0.512 (0.392)	-0.264 (0.212)
P1MC_4anos	-0.480 (0.443)	-0.463** (0.225)
P1MC_5anos	-0.576 (0.517)	-0.597** (0.262)
P1MC_6anos	-0.915 (0.600)	-0.587** (0.287)
P1MC_7anos	-1.100* (0.660)	-0.674** (0.336)
P1MC_8anos	-1.307* (0.738)	-0.661* (0.367)
P1MC_9anos	-1.508* (0.853)	-0.727 (0.466)
Efeito fixo municipal	Sim	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim	Sim
Controles municipais	Sim	Sim
Observações	5,291	5,291
Número de municípios	481	481

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; lag do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).

Tabela A4: Regressões da mortalidade por DDA por faixa etária, interagindo o \ln da quantidade de pessoas beneficiadas por município com as *dummies* de interesse, municípios beneficiados do semiárido, 2000-2010.

VARIÁVEIS	de 0 a 4 anos
\ln pop. benef.*P1MC_1ano	-0.008 (0.026)
\ln pop. benef.*P1MC_2anos	-0.047 (0.029)
\ln pop. benef.*P1MC_3anos	-0.042 (0.033)
\ln pop. benef.*P1MC_4anos	-0.052 (0.035)
\ln pop. benef.*P1MC_5anos	-0.064* (0.038)
\ln pop. benef.*P1MC_6anos	-0.086** (0.043)
\ln pop. benef.*P1MC_7anos	-0.106** (0.047)
\ln pop. benef.*P1MC_8anos	-0.114** (0.052)
\ln pop. benef.*P1MC_9anos	-0.136** (0.060)
Efeito fixo municipal	Sim
Efeito fixo de tempo	Sim
Controles municipais	Sim
Observações	10,582
Número de municípios	962

Nota: ***, ** e * representam $p < 1\%$, $p < 5\%$ e $p < 10\%$ respectivamente. Erro padrão do tipo *cluster* a nível municipal. Regressões usando como peso a população da faixa etária de interesse. Controles municipais são: volume de chuva anual; *lag* do volume de chuva anual; temperatura anual (Rocha e Soares (2015)); proporção das mães de nascidos vivos com mais de 6 consultas de pré-natal; grau de cobertura de vacinação; \ln do número de domicílios com acesso a rede pública de abastecimento de água; Despesa com Saúde Municipal *per capita* (DATASUS); número de benefícios de PBF por população municipal (Ipeadata).