

IPECE

Textos para Discussão

Nº 120 – maio / 2017

IMPACTOS DO REGIME DE CHUVAS SOBRE A SAÚDE INFANTIL NOS MUNICÍPIOS CEARENSES EM ANOS CENSITÁRIOS RECENTES (1991-2010)

**Victor Hugo de Oliveira
Cleyber Nascimento de Medeiros**

Governador do Estado do Ceará

Camilo Sobreira de Santana

Vice-Governadora do Estado do Ceará

Maria Izolda Cela de Arruda Coelho

Secretaria do Planejamento e Gestão – SEPLAG

Francisco de Queiroz Maia Júnior – Secretário

Antônio Sérgio Montenegro Cavalcante – Secretário adjunto

Júlio Cavalcante Neto – Secretário executivo

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará – IPECE

Flávio Ataliba Flexa Daltro Barreto – Diretor Geral

Adriano Sarquis Bezerra de Menezes – Diretor de Estudos Econômicos

João Mário de França – Diretor de Estudos Sociais

Cláudio André Gondim Nogueira – Diretor de Estudos de Gestão Pública

IPECE | Textos para Discussão

Ano 13 - nº 120 – maio de 2017

Autor:

Victor Hugo de Oliveira – Analista de Políticas Públicas,

Cleyber Nascimento de Medeiros – Analista de Políticas Públicas.

O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) é uma autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento e Gestão do Estado do Ceará. Fundado em 14 de abril de 2003, o IPECE é o órgão do Governo responsável pela geração de estudos, pesquisas e informações socioeconômicas e geográficas que permitem a avaliação de programas e a elaboração de estratégias e políticas públicas para o desenvolvimento do Estado do Ceará.

Missão: Propor políticas públicas para o desenvolvimento sustentável do Ceará por meio da geração de conhecimento, informações geossocioeconômicas e da assessoria ao Governo do Estado em suas decisões estratégicas.

Valores: Ética e transparência; Rigor científico; Competência profissional; Cooperação interinstitucional e Compromisso com a sociedade.

Visão: Ser uma Instituição de pesquisa capaz de influenciar de modo mais efetivo, até 2025, a formulação de políticas públicas estruturadoras do desenvolvimento sustentável do estado do Ceará.

Sobre o Textos para Discussão

A Série Textos para Discussão do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) tem como objetivo a divulgação de estudos elaborados ou coordenados por servidores do órgão, que possam contribuir para a discussão de temas de interesse do Estado. As conclusões, metodologia aplicada ou propostas contidas nos textos são de inteira responsabilidade do(s) autor(es) e não exprimem, necessariamente, o ponto de vista ou o endosso do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará - IPECE, da Secretaria de Planejamento e Gestão ou do Governo do Estado do Ceará.

Nesta Edição

O presente estudo tem por objetivo investigar o impacto do regime de chuvas dos municípios do estado do Ceará sobre a saúde infantil, representada pela taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos (TMC), nos anos censitários de 1991, 2000 e 2010. As regressões indicam uma relação negativa entre a TMC e a precipitação municipal, na qual a exposição a doenças infecciosas surge como o principal mecanismo de efeito. Observa-se também que a TMC é particularmente sensível à ocorrência de episódios de secas severas/extremas. Esse é um quadro preocupante diante das previsões de mudanças climáticas, que indicam o aumento da duração e intensificação das secas na região Nordeste do Brasil. Estimativas baseadas em projeções de mudanças climáticas sugerem que a perda de capital humano na infância devido às futuras quedas no nível de precipitação municipal pode atingir 1,5% do PIB do Estado.

IMPACTOS DO REGIME DE CHUVAS SOBRE A SAÚDE INFANTIL NOS MUNICÍPIOS CEARENSES EM ANOS CENSITÁRIOS RECENTES (1991-2010)

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo investigar o impacto do regime de chuvas dos municípios do estado do Ceará sobre a saúde infantil, representada pela taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos (TMC), nos anos censitários de 1991, 2000 e 2010. As regressões indicam uma relação negativa entre a TMC e a precipitação municipal, na qual a exposição a doenças infecciosas surge como o principal mecanismo de efeito. Observa-se também que a TMC é particularmente sensível à ocorrência de episódios de secas severas/extremas. Esse é um quadro preocupante diante das previsões de mudanças climáticas, que indicam o aumento da duração e intensificação das secas na região Nordeste do Brasil. Estimativas baseadas em projeções de mudanças climáticas sugerem que a perda de capital humano na infância devido às futuras quedas no nível de precipitação municipal pode atingir 1,5% do PIB do Estado.

Palavras-chave: Regime de chuvas, Saúde Infantil, Ceará, Brasil.

ABSTRACT

The current study aims to investigate the impact of rainfall regime of the municipalities of the state of Ceará on child health, proxied by the mortality rate of children under five years of age (CMR), in the census years of 1991, 2000 and 2010. The regressions indicate a negative relationship between CMR and municipal rainfall, in which the exposure to infectious diseases arises as the main mechanism of effect. It is also observed that TMC is particularly sensitive to the occurrence of episodes of severe/extreme droughts. This is a worrying picture in the face of climate change predictions, which indicate the increase in the duration and intensification of droughts in the Northeast region of Brazil. Estimates based on climate change projections, suggest that the loss of human capital in childhood due to the future drops in municipal rainfall level can reach 2.8% of state GDP.

Key-words: Rainfall regime, child health, Ceará, Brazil.

1. Introdução

As mudanças climáticas representam um dos grandes desafios para a humanidade no Século XXI, cujos prognósticos indicam aumento da temperatura global e dos níveis dos oceanos. Como consequência, diversos países podem experimentar condições meteorológicas adversas tais como mudanças nos padrões de chuvas, ondas de frio e calor, e aumento das ocorrências de secas e inundações (UNPD, 2009), ampliando ainda mais as desigualdades econômicas e sociais no mundo (COSTELLO et al., 2009).

Em particular, as projeções de mudanças climáticas do IPCC (2012) colocam o Nordeste brasileiro como uma das regiões do globo a experimentar aumentos da intensidade e da duração das secas. Concomitante, o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas indica que o Nordeste poderá apresentar um aumento médio de 0,5°C a 1°C na temperatura do ar e decréscimo médio de até 20% no nível de precipitação pluviométrica até 2040 (PBMC, 2012). Como resultado, o setor agrícola da região poderá sofrer perdas de produtividade da ordem de 28%, enquanto as perdas de produtividade para o Brasil poderão chegar a 18%, mantendo-se constante o atual padrão tecnológico (ASSUNÇÃO e CHEN, 2016).

Recentemente, Souza et al. (2013) projetaram os impactos das mudanças climáticas sobre a saúde da população brasileira, e mostraram que aumentos futuros da temperatura do ar elevarão as taxas de mortalidade da população, especialmente a de crianças menores de cinco anos de vida.¹ Os estados nordestinos estão entre as unidades da federação a experimentar aumentos das taxas de mortalidade em função do aumento da temperatura do ar.

Confalonieri e Rodriguez (2009) sugerem que a saúde da população nordestina tende a ser, especialmente, vulnerável às mudanças climáticas. Os autores argumentam que tal

¹ Estudos anteriores como Rosenberg et al. (2000) e Schultz et al. (2003) já indicavam um quadro de deterioração da saúde da população brasileira como consequência das mudanças climáticas. No entanto, Souza et al. (2013) estimam que o custo monetário das mortes decorrentes das mudanças climáticas poderão chegar a 4,7% do Produto Interno Bruto do Brasil.

vulnerabilidade é resultante da combinação de condições socioeconômicas ruins e predominância do clima semiárido, o qual é propenso às variações climáticas extremas e à persistência de doenças infecciosas endêmicas na região.

O estado do Ceará, objeto do presente estudo, possui quase 87% de seu território na região semiárida do Nordeste. Além disso, mais da metade de sua população (55%) vive com uma renda domiciliar *per capita* menor do que meio salário mínimo (R\$ 255,00/mês, ou R\$ 8,5/dia, em valores de 2010), a quinta maior taxa de pobreza do país em 2010. Tais características estão historicamente associadas à vulnerabilidade do Estado aos períodos de seca (BRANT, 2007; LINDOSO et al., 2014).

Outro fator que contribuiu para o aumento da vulnerabilidade do Ceará frente à escassez de chuvas é a inexistência de um padrão canônico de distribuição sazonal das precipitações no território. Em outras palavras, para cada ano de seca, diferentes áreas são afetadas, e não somente as áreas do semiárido apresentam baixos índices de precipitação (ALVES et al., 1998). Este fato confere certo grau de imprevisibilidade da abrangência espacial dos efeitos da seca, exigindo monitoramento contínuo do fenômeno climático. No entanto, somente em 2012, após dois anos de escassez de chuvas, o Estado do Ceará institucionalizou seu primeiro Comitê Integrado de Combate à Seca², o qual possui foco na coordenação de diversas atividades de mitigação dos efeitos do referido fenômeno climático (GUTIÉRREZ et al., 2014).

Nesse contexto, torna-se fundamental investigar como a saúde de grupos demográficos vulneráveis, como é o caso de crianças menores de cinco anos de vida, são afetadas pela escassez de chuvas no Ceará. Portanto, o presente estudo se propõe a apresentar estimativas de impactos da precipitação pluviométrica (mm) sobre a saúde infantil nos municípios cearenses nos anos censitários de 1991, 2000 e 2010, e projetar os custos monetários

² Decreto Nº 30.909 de 02 de maio de 2012, Governo do Estado do Ceará.

decorrentes da perda de vida para diferentes cenários de mudanças climáticas disponibilizados no PBMC (2012). Para tanto, utiliza-se a taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida (TMC) como medida de saúde infantil.

É importante ressaltar que o Ceará apresentou uma queda de aproximadamente 75% neste indicador entre 1991 e 2010 (saindo de 82,7 para 20,8 por mil nascidos vivos). Diversos fatores podem ter contribuído para tal redução, como por exemplo: melhorias nas condições socioeconômicas (ALVES e BELLUZZO, 2004), acesso à água potável (GAMPER-RABINDRAN et al., 2010), descentralização dos serviços de atenção básica (ROCHA e SOARES, 2010), e transferência condicionada de renda para famílias pobres (ROSELLA et al., 2013). Ademais, tais fatores podem ter contribuído também para aumentar a resiliência da população cearense aos períodos de seca.

A literatura também tem apontado evidências das consequências das mudanças climáticas sobre a saúde infantil, especialmente em relação ao estado nutricional e às taxas de mortalidade. Por exemplo, Hoddinott e Kinsey (2001) mostram uma redução da estatura padronizada de crianças entre 12 e 24 meses em função da queda no volume de chuvas anual em relação à média histórica em áreas rurais do Vietnã, sendo as famílias pobres e crianças do sexo feminino as mais afetadas pela escassez de chuvas. Bauer e Mburu (2017) mostram que episódios de seca mensurados por sensoriamento remoto entre 2009 e 2013 estão positivamente associados a uma maior probabilidade de desnutrição entre crianças com idade de 5 anos ou menos na região norte do distrito de Marsabit, Kenya. Todavia, os autores encontraram evidências de que os programas de ajuda alimentar (ou *food aid programs*) e as estratégias locais de enfrentamento se mostraram ineficazes na mitigação dos efeitos da seca devido a ausência de focalização dos programas.

As evidências também mostram que o excesso de chuvas pode provocar a desnutrição infantil como ocorrido no México em 1999, segundo Skoufias e Vinhas (2012). Os autores

argumentam que tal efeito foi causado, muito provavelmente, pelo aumento da incidência de doenças transmissíveis ao invés do baixo consumo de alimentos. Kudamatsu et al. (2012) analisam os efeitos da flutuação das chuvas sobre a saúde infantil entre 28 países africanos. Os autores mostram que crianças expostas ainda no útero à elevada incidência de malária em períodos chuvosos apresentaram menor probabilidade de sobrevivência, bem como aquelas crianças que foram expostas ainda no útero à escassez severa de chuvas em regiões áridas da África.

Recentemente, Rocha e Soares (2015) analisaram o impacto da escassez de chuvas no semiárido nordestino sobre a saúde de crianças de até um ano de idade. Os autores apresentam evidências de que a escassez de chuvas elevou a incidência de mortes de crianças menores de 1 ano de vida por desnutrição e por doenças intestinais infecciosas. Os autores mostram ainda que o acesso à água potável e saneamento são mecanismos importantes para evitar as mortes infantis em períodos de seca no Nordeste brasileiro.

A literatura apresenta também evidências empíricas de impactos de outros eventos climáticos extremos sobre a saúde infantil. Por exemplo, Groppo e Kraehnert (2016) mostram que crianças expostas, ainda no útero, ao inverno severo na Mongólia entre 2009 e 2010 apresentaram baixa estatura, 36 meses após o nascimento. O estudo aponta como principal mecanismo de efeito a queda da disponibilidade de alimento e de renda familiar em virtude da perda de pelo menos 23% do gado de criação de todo o país.

Estudos mais recentes têm se dedicado também a entender como as mudanças climáticas podem afetar a duração da gestação e o peso ao nascer, os quais são importantes preditores da sobrevivência no primeiro ano de vida (RYLANDER et al., 2013). Por exemplo, Deschenês et al. (2009) encontram evidências de que exposição às elevadas temperaturas durante a gestação reduziu o peso da criança ao nascer nos Estados Unidos. Pereda et al. (2014) mostram que condições climáticas adversas (ex. excesso/escassez de chuvas e

elevadas/baixas temperaturas) no Brasil estão positivamente associadas à probabilidade de baixo peso ao nascer e à taxa de mortalidade neonatal. Rocha e Soares (2015) mostram evidências de que exposição à escassez de chuvas no semiárido nordestino durante a gestação impacta negativamente sobre o peso ao nascer, assim como diminui o tempo médio de gestação. Andalón et al. (2016) trazem evidências de que crianças colombianas expostas aos choques de temperatura durante a gravidez apresentam baixo peso ao nascer e menor duração da gestação.

Em geral, estes estudos buscam verificar se os principais mecanismos que intermediam os efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde infantil estão alicerçados na exposição às doenças infectocontagiosas e à desnutrição, as quais estão entre as principais causas de morte de crianças com idade inferior a cinco anos (CUTLER et al., 2006). No entanto, outros mecanismos podem interagir com a exposição às doenças infectocontagiosas e a desnutrição, tornando mais complexa a análise de mecanismo (CONFALONIERI et al., 2007; STANK et al., 2013; PHALKEY et al., 2015). Este é o caso dos processos migratórios, os quais refletem a resposta da população aos eventos climáticos extremos (DESCHENÊS e MORETTI, 2009; BARBIERI et al., 2010; DELAZERI e CUNHA, 2015).

Os resultados do presente estudo corroboram a literatura internacional supracitada, mostrando que municípios cearenses com baixa pluviometria apresentam, em média, uma maior taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida. As estimativas indicam que uma queda de 100mm na precipitação média dos municípios implica em um aumento de aproximadamente 3 óbitos de crianças menores de cinco anos para cada mil nascidas vivas. Essa relação negativa é explicada, especialmente, pela ocorrência de episódios de seca severa/extrema nos municípios. Ressalta-se também que os resultados são robustos às variações na temperatura do ar e às condições socioeconômicas e demográficas dos municípios.

Quanto à investigação dos potenciais mecanismos de efeito, observa-se que a disponibilidade de alimentos e a desnutrição não são os canais de efeito pelos quais a precipitação pluviométrica afeta a mortalidade de crianças no Ceará. O mecanismo de efeito mais plausível é a maior incidência de doenças infectocontagiosas durante períodos de baixa precipitação ou escassez severa de chuvas. Além disso, as projeções de impacto indicam que os custos monetários em decorrência da perda de capital humano antes do quinto ano de vida poderão chegar até 1,5% do PIB Estadual até o final do Século XXI.

Portanto, as evidências empíricas apresentadas no presente estudo contribuem para a literatura econômica dedicada a analisar os efeitos das mudanças climáticas sobre a saúde infantil no Brasil. Particularmente, a literatura econômica nacional apresenta relativa escassez de estudos em nível subnacional. Souza et al. (2013) é, talvez, o único estudo que apresenta estimativas de impacto das mudanças climáticas para taxas de mortalidade para estados brasileiros. Tais estudos são relevantes por proporcionarem um melhor entendimento dos mecanismos de efeitos, os quais podem apontar soluções de políticas públicas de adaptação e/ou mitigação dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde dos grupos demográficos mais vulneráveis.

O estudo está dividido em seis seções. A Seção 1 é a introdução do estudo, já devidamente apresentada. A Seção 2 descreve as bases de dados, enquanto a Seção 3 detalha a estratégia empírica adotada. A Seção 4 apresenta os resultados estimados. A Seção 5 discute as limitações do estudo e, finalmente, a Seção 6 apresenta a conclusão.

2. Base de Dados

Nesse estudo, utilizam-se dados do “Atlas do Desenvolvimento Humano 2013”, produzido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento no Brasil, como principal fonte de informação. Além da taxa de mortalidade de crianças menores do que cinco

anos de vida, outros importantes indicadores podem ser acessados nesta base de dados em nível de municípios, permitindo observar diferenças nos níveis de desenvolvimento socioeconômico entre as unidades observacionais e a evolução dos indicadores ao longo de duas décadas. A amostra total é de 552 observações, correspondendo aos 184 municípios cearenses em três anos censitários (1991, 2000 e 2010).

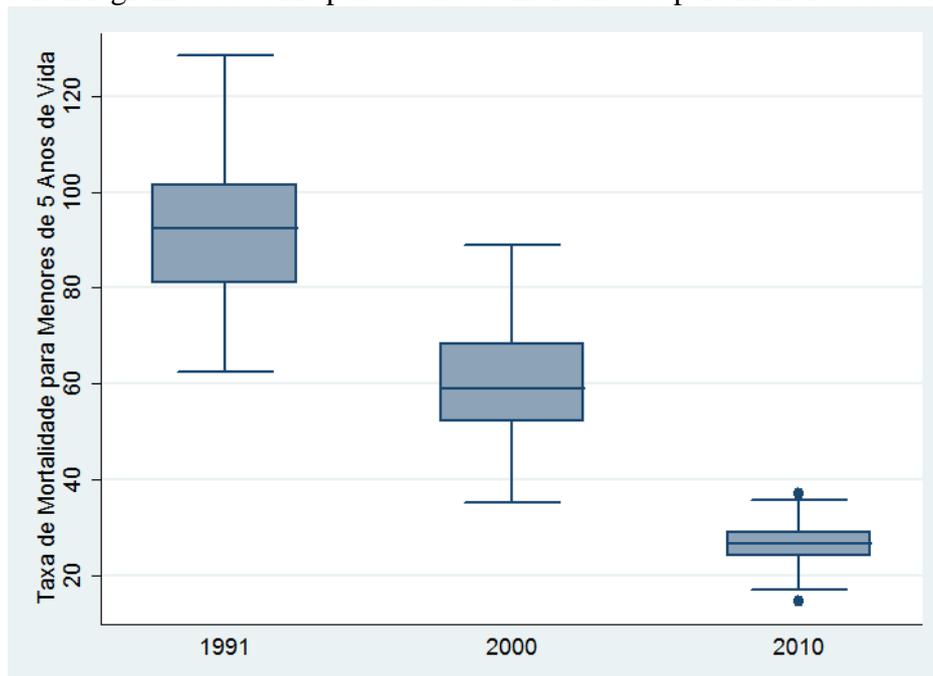
A segunda fonte de informações refere-se à base de dados “Terrestrial Air Temperature and Precipitation: 1900-2014 Gridded Monthly Time Series (Version 4.01)” da Universidade de Delaware, Estados Unidos. A respectiva fonte de informações fornece o valor mensal da precipitação pluviométrica (mm) e da temperatura do ar (°C) para uma grade de latitude e longitude de 0,5 x 0,5 graus, ou 56 x 56 quilômetros (WILLMOTT e MATSUURA, 2014a,b). As próximas subseções apresentam de forma detalhada as variáveis provenientes destas duas fontes de dados.

2.1 A Taxa de Mortalidade de Menores de Cinco Anos de Vida

O Atlas do Desenvolvimento Humano 2013 mostra uma evolução significativa dos municípios cearenses quanto à saúde infantil, mensurada pela taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida (TMC). Em 1991, a média entre os municípios era de 92,1 óbitos por mil nascidos vivos (desvio padrão = 15,8), reduzindo-se para 60,5 por mil nascidos vivos no ano 2000 (desvio padrão = 11,0), e atingindo 26,5 por mil nascidos vivos em 2010 (desvio padrão = 4,0).

Vale ressaltar que o Gráfico 1, abaixo, mostra não somente uma menor mediana da distribuição dos valores por municípios em anos censitários, como também uma substancial redução na dispersão dos mesmos.

GRÁFICO 1: Diagramas de caixa para a taxa de mortalidade para menores de 5 anos de vida.



Fonte: Elaboração dos Autores.

Em particular, programas focados na população pobre que, via de regra, está mais exposta às doenças e possui menos acesso aos nutrientes, podem ter contribuído para a redução da dispersão. Este é o caso do Programa Bolsa Família (ROSELLA et al., 2013) e do Programa Saúde da Família (ROCHA e SOARES, 2010), os quais foram expandidos sobremaneira durante a década de 2000.

Na próxima subseção, descrevemos as principais variáveis socioeconômicas e demográficas, as quais capturam a melhoria do padrão de vida da população dos municípios e, portanto, podem ter contribuído para a queda da TMC no Ceará no período analisado.

2.2 Condicionantes Socioeconômicos e Demográficos

As mudanças observadas nas condições socioeconômicas e demográficas podem não somente ter contribuído para a redução da TMC (ver Gráfico 1), como também podem ter ajudado a definir o grau de vulnerabilidade dos municípios frente à escassez de chuvas. Por

consequente, torna-se fundamental a inclusão dessas variáveis como controles adicionais nas regressões, cuja variável de interesse é a precipitação pluviométrica municipal.

Estudos sobre os determinantes da taxa de mortalidade infantil no Brasil mostram que a renda *per capita*, educação e o saneamento básico contribuíram substancialmente para a redução dos óbitos infantis entre as décadas de 1970 e 2000 (ALVES e BELUZZO, 2004). No caso do Ceará, Irff et al. (2008) mostram que a taxa de mortalidade infantil é especialmente sensível à renda *per capita* e à taxa de pobreza entre 1991 e 2000.

Na Tabela 1, observa-se que a média da renda domiciliar *per capita* apresentou um crescimento real de 136% entre 1991 e 2010.³ Esse crescimento da renda *per capita* municipal pode ter contribuído para uma melhor suavização do consumo por parte da população, em especial o de alimentos, em períodos de seca.

TABELA 1: Valores médios e desvio padrão das características socioeconômicas e demográficas municipais.

Variáveis Explicativas	Anos Censitários		
	1991	2000	2010
Renda domiciliar <i>per capita</i> (R\$)	113,29 (42,78)	163,46 (55,64)	267,64 (76,34)
Índice de Gini (0-1)	0,53 (0,06)	0,59 (0,05)	0,53 (0,05)
Proporção de pobres (% , <i>RDPC</i> ≤ R\$ 225,00)	92,60 (4,36)	84,86 (5,58)	67,88 (7,81)
Taxa de analfabetismo (18 anos ou mais)	50,63 (7,88)	37,75 (6,80)	29,60 (6,14)
Taxa de fecundidade total	4,59 (0,90)	3,37 (0,59)	2,28 (0,30)
Taxa de urbanização (%)	42,62 (18,07)	51,07 (16,75)	56,38 (15,68)
Pessoas morando em domicílios com água canalizada (%)	20,07 (14,07)	39,68 (15,41)	76,11 (12,47)
Pessoas morando em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto (%)	52,53 (21,59)	20,50 (12,83)	17,51 (9,95)
Pessoas vivendo em domicílios com mais de 2 moradores por Cômmodo (%)	58,67 (6,42)	48,28 (6,41)	34,86 (6,05)

Fonte: Elaboração dos autores.

³ A renda domiciliar per capita é disponibilizada em valores reais de 01 de agosto de 2010, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano 2013.

No entanto, a desigualdade de renda nos municípios cearenses não melhorou no mesmo período. Embora o período de 2000 a 2010 tenha sido festejado com uma tendência clara de queda da desigualdade de renda no Brasil (saindo de 0,64 para 0,60), a década da estabilização econômica havia deixado um legado de elevação da desigualdade de renda (saindo de 0,63 para 0,64) segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano 2013. No Ceará, o valor médio do Gini para os municípios havia aumentado de 0,53 para 0,59 entre 1991 e 2000, mas retornou ao valor de 0,53 em 2010.

Uma das razões para o Ceará não ter experimentado uma redução mais forte no referido indicador entre 2000 e 2010 está relacionada à persistência da elevada desigualdade da renda do trabalho, a qual respondia por pouco mais de 70% do total da renda domiciliar. Suliano et al. (2013) mostram que a renda do trabalho contribuiu muito pouco para a queda da desigualdade de renda no Ceará na década de 2000. Contudo, a pobreza experimentou uma queda substancial entre 1991 e 2010, saindo de 92,6% para 67,9% da população. Particularmente, as transferências governamentais de renda desempenharam papel preponderante na redução da pobreza do Ceará.

A queda da taxa de mortalidade das crianças menores de cinco anos de vida pode ter sido também influenciada pela melhoria da educação da população. A Tabela 1 mostra que a média da taxa de analfabetismo da população adulta (18 anos ou mais) entre os municípios cearenses saiu de 50,63% em 1991 para 29,6% em 2010. A educação, especialmente das mulheres, contribuiu para o melhor cuidado com a saúde das crianças e, portanto, é um importante preditor da taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida (CUTLER et al, 2006).

Observou-se também uma queda substancial da taxa de fecundidade nos municípios cearenses, saindo de 4,59 em 1991 para 2,28 em 2010. A expectativa é de que um número menor de filhos permita que a mulher se dedique mais ao mercado de trabalho e, com um

nível de educação mais elevado, passe a investir mais na formação do capital humano dos filhos (ALMOND e CURRIE, 2011). Soma-se a isso a possibilidade de a taxa de fecundidade ser sensível às mudanças climáticas seja por conta de fatores biológicos (FISCH et al., 2003), ou por resposta comportamental aos eventos climáticos extremos (BARRECA et al., 2015).⁴ Secas severas ou extremas, as quais impactam negativamente sobre a produção agrícola, podem ser encaradas como choques transitórios na renda de famílias do setor rural elevando o custo de oportunidade de ter um filho. Desta forma, a decisão de ter um filho em períodos de seca pode ser adiada. Logo, a taxa de fecundidade pode ser influenciada por eventos climáticos extremos.

Ademais, a população cearense passou a viver mais nas zonas urbanas dos municípios.⁵ Ao mesmo tempo, a infraestrutura dos municípios parece ter acompanhado o processo de urbanização, pois houve uma redução considerável da população vivendo em domicílios com abastecimento de água (proveniente da rede geral, de poço, de nascente ou de reservatório abastecido por água das chuvas ou carro-pipa) e coleta de esgoto (realizada por rede coletora ou fossa séptica) inadequada, saindo de 52,7% em 1991 para 17,5% em 2010 como mostra a Tabela 1. O acesso à água encanada juntamente com o saneamento básico são os principais fatores redutores da incidência de doenças infectocontagiosas no Brasil (VICTORA et al., 2011).

Finalmente, observou-se que a proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de dois membros por cômodo caiu de aproximadamente 58,8% em 1991 para 34,9% em 2010. Essa redução é explicada pelo aumento do tamanho médio dos domicílios e pela redução do

⁴ Fisch et al. (2003) apresenta evidências de uma relação negativa entre a contagem média de espermatozoides e a temperatura global. Todavia, segundo os autores, não há um consenso na literatura sobre a consistência do mecanismo biológico. Uma das razões é o fato de que são os países industrializados os responsáveis pela tendência de queda na taxa de fertilidade global. Barreca et al. (2015) mostram que elevações na temperatura por causa das mudanças climáticas afetarão a taxa de fertilidade da população nos Estados Unidos, afetando a sazonalidade dos nascimentos.

⁵ Embora as áreas urbanas concentrem boa parte da infraestrutura de saúde e outros serviços públicos, o adensamento populacional facilita a propagação de doenças infectocontagiosas (CUTLER et al., 2006).

tamanho das famílias. Essa evidência reflete uma tendência demográfica de mobilidade social ascendente no Brasil desde 1994, concomitante ao aumento da diversidade dos arranjos familiares (ALVES e CAVENAGHI, 2012).

Realizada a devida caracterização geral dos municípios cearenses quanto aos condicionantes socioeconômicos e demográficos da TMC, a próxima subseção descreve o regime pluviométrico dos municípios cearenses, bem como o comportamento da temperatura do ar.

2.3 Precipitação Pluviométrica e Temperatura do Ar dos Municípios Cearenses

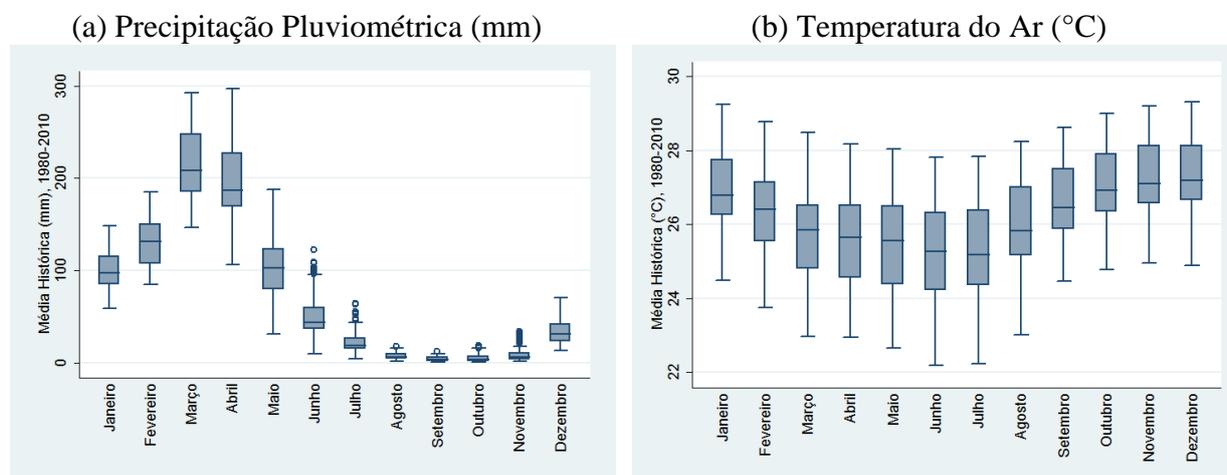
As séries mensais de precipitação pluviométrica e temperatura do ar disponibilizadas originalmente para uma grade de latitude e longitude de 0,5 x 0,5 graus por Willmott e Matsuura (2014a,b) foram transformadas em séries mensais em nível de municípios. Para tanto, computou-se a média ponderada pelo inverso da distância com base nas latitudes e longitudes mais próximas em relação ao centroide de cada município. A partir das séries de precipitação foram obtidos os valores acumulados nos 12 meses de cada ano para os 184 municípios cearenses. No caso da temperatura do ar, tomou-se a média dos 12 meses de cada ano para as respectivas unidades observacionais.

O Gráfico 2 mostra a sazonalidade mensal da média histórica da precipitação (mm) e da temperatura do ar (°C) por municípios entre 1980 e 2010. A amplitude vertical de cada caixa representa a variabilidade de valores entre os 184 municípios cearenses.

No Gráfico 2(a), percebe-se que o volume de chuvas no Ceará é mais intenso nos meses de Março e Abril, cuja mediana dos municípios está em torno de 200mm. Entre Junho e Novembro, o volume de chuvas cai drasticamente, chegando a quase zero no mês de Setembro. Em Dezembro, um novo ciclo pluviométrico se inicia e atinge seu ápice no mês de Março do ano subsequente. Por outro lado, no Gráfico 2(b), a temperatura do ar descreve uma

sazonalidade mensal oposta ao da precipitação pluviométrica. Ela é decrescente entre Janeiro e Julho, voltando a crescer entre Agosto e Dezembro.

GRÁFICO 2: Diagramas de caixa para a média histórica mensal da precipitação pluviométrica e da temperatura do ar dos municípios cearenses entre 1980 e 2010

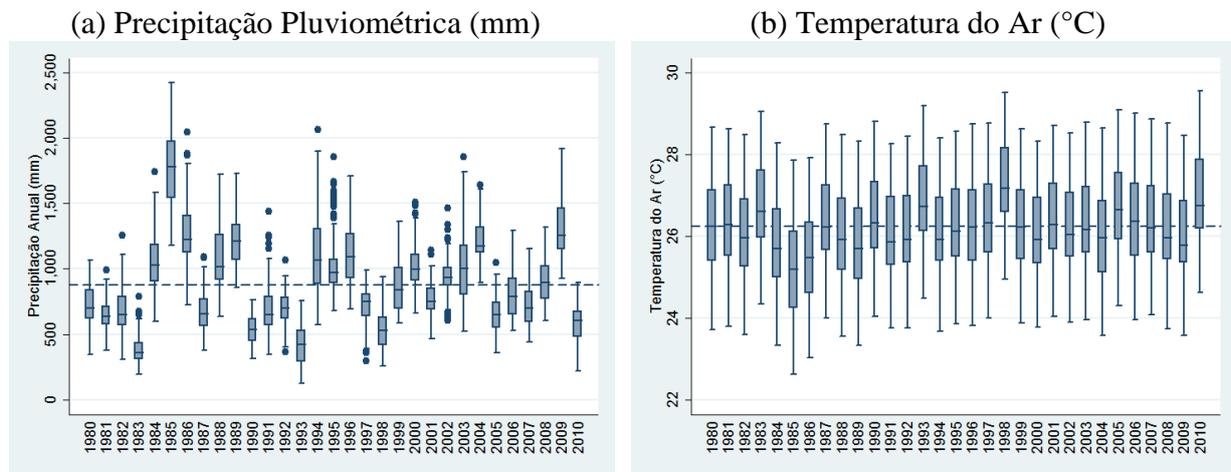


Fonte: Elaboração dos Autores.

O Gráfico 3, por sua vez, exibe os diagramas de caixa (ou de extremos e quartis) para o volume total de precipitação anual (mm) e para a média anual da temperatura (°C) dos municípios cearenses no período de 1980 a 2010. Novamente, a amplitude vertical de cada caixa revela a variabilidade dos valores entre os 184 municípios em cada ano da série. A linha tracejada corresponde à média histórica anual no período, cujo valor é de aproximadamente 875,1mm (erro padrão de 348) para precipitação pluviométrica e 26,2°C (erro padrão de 1,15) para a temperatura do ar.

No Gráfico 3(a), há uma considerável variabilidade na precipitação média ao longo dos anos ($CV = 0,398$), especialmente nos primeiros anos das décadas de 1980 e 1990, quando ocorreram severos períodos de seca (1980-1983 e 1990-1993). Todavia, a temperatura do ar apresenta uma menor variabilidade de valores ao longo dos anos, onde a maior parte dos municípios apresentam médias entre 24°C e 28°C ($CV = 0,044$).

GRÁFICO 3: Diagramas de caixa para a média anual de precipitação (mm) e temperatura do ar (°C) dos municípios cearenses entre 1980 e 2010



Fonte: Elaboração dos Autores.

No intuito de identificar os meses (ou episódios) com escassez de chuvas para os municípios cearenses, adotou-se o Índice de Precipitação Padronizado (IPP) desenvolvido por McKee et al. (1993).⁶ Para cada município, classificou-se os meses do ano como seca severa ou extrema ($IPP \leq -1,5$), seca moderada ($-1,0 \leq IPP < -1,5$), seca incipiente ($0,0 \leq IPP < -1,0$), umidade incipiente ($0,0 < IPP < 1,0$), umidade moderada ($1,0 \leq IPP < 1,5$), umidade severa ou extrema ($IPP \geq 1,5$).

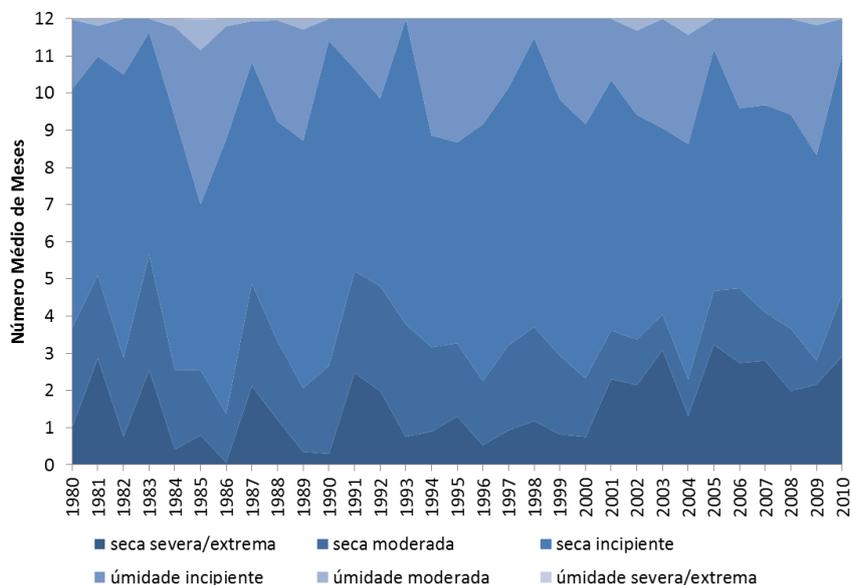
O Gráfico 4, ilustra a média de meses de cada categoria de regime pluviométrico no período de 1980 a 2010 para os municípios cearenses. Percebe-se que o regime de umidade moderada raramente supera a média de 1 mês ao ano. Enquanto a umidade incipiente pode chegar a 4 meses em determinados anos.

Contudo, a escassez de chuvas é predominante entre os municípios cearenses na maior parte do ano. O número médio de meses de seca incipiente varia de 4 a 9 meses, enquanto o regime de seca moderada varia de 1 a 3 meses no ano. Os meses de seca severa ou extrema podem chegar a 3 meses em um ano. Particularmente, a década de 2000 apresenta uma média

⁶ Este é um dos mais comuns índices de monitoramento dos regimes de chuvas utilizado no mundo. O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) calculam o referido índice para o território nacional. Ver Apêndice A1 para maiores detalhes a respeito do cálculo do índice.

mais elevada de meses com seca severa/extrema entre os municípios cearenses do que as décadas de 1980 e 1990.

GRÁFICO 4: Número médio de meses de acordo com a classificação do regime de pluviométrico com base no Índice de Precipitação Padronizado



Fonte: Elaboração dos autores.

Tomando-se em conta o detalhamento das variáveis do estudo e os fatos estilizados apresentados, a próxima seção detalha a estratégia empírica e a forma como a precipitação pluviométrica (mm) e a temperatura do ar (°C) são incluídas no modelo econométrico.

3. Estratégia Empírica

O objetivo do presente estudo é o de estimar os efeitos do regime de chuvas dos municípios cearenses sobre suas taxas de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida. A estratégia empírica está fundamentada na estimação do seguinte modelo empírico:

$$TMC_{it} = \alpha + \rho P_{it} + \delta T_{it} + X_{it}\beta + \theta_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

onde, TMC_{it} é a taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida do município i no ano censitário t , enquanto P_{it} é a pluviometria em milímetros (mm) e T_{it} é a média anual da temperatura do ar em graus centígrados (°C). O vetor X_{it} é composto por variáveis socioeconômicas e demográficas (ver Tabela 1). Os termos θ_i e θ_t capturam os efeitos fixos

dos municípios e do tempo. O erro aleatório, ε_{it} , é assumido ser distribuído normalmente com média zero e variância finita.

Vale salientar que a taxa de mortalidade para crianças menores de cinco anos de vida, por envolver diversas coortes de nascimentos em seu cálculo, pode ser sensível às variações na precipitação pluviométrica municipal em anos precedentes ao ano censitário de referência (1991, 2000 e 2010).⁷ Assim, definiu-se como variável de interesse o valor médio da precipitação pluviométrica municipal em um período de 5 anos, incluindo o ano censitário (1987-1991, 1996-2000, e 2006-2010). Implicitamente, assume-se que as crianças de determinado município estão expostas às mesmas condições climáticas nos últimos 5 anos em relação ao ano censitário de referência. A partir desta suposição, estimam-se também os efeitos dos episódios de seca (meses com seca incipiente, moderada, ou severa/extrema) sobre a TMC.

Se, por hipótese, a mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida é sensível à ocorrência de episódios secas severas ou extremas, podemos esperar uma associação positiva entre a TMC e o número de episódios de seca no período de 5 anos, corroborando uma potencial relação negativa entre a TMC e a precipitação pluviométrica. Para verificar tal hipótese, estima-se o seguinte modelo:

$$TMC_{it} = \alpha + \phi_1 SE_{it} + \phi_2 SM_{it} + \phi_3 SI_{it} + \delta T_{it} + X_{it}\beta + \theta_i + \theta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

onde SE_{it} é o número de meses de seca severa/extrema no município i no período de 5 anos em relação ao ano censitário t , SM_{it} é o número de meses de seca moderada no município i no período de 5 anos em relação ao ano censitário t , e SI_{it} é o número de meses de seca

⁷ Embora a taxa de mortalidade de crianças menores de um ano de vida também esteja disponível no Atlas de Desenvolvimento Humano 2013, optou-se por não utilizá-la como variável dependente no presente estudo. A razão é que a TMI agrega coortes de nascimento do ano de referência ou do ano anterior ao Censo Demográfico, reduzindo as chances de capturar os efeitos dos episódios de seca severa/extrema. Utilizando a taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida, não somente as coortes de crianças nascidas no ano de referência são incluídas no cálculo da TMC, como também as coortes de nascimento de até cinco anos anteriores ao ano censitário. Assim, amplia-se a possibilidade de capturar melhor os efeitos dos episódios de seca usando a TMC ao invés da TMI. Essa abordagem difere de Rocha e Soares (2015), que utilizam os dados administrativos sobre óbitos infantis e associam o regime de chuvas de cada município do semiárido nordestino ao período gestacional de cada coorte de nascimento.

incipiente (ou suave) no município i no período de 5 anos em relação ao ano censitário t . Os parâmetros ϕ_1 , ϕ_2 e ϕ_3 capturam as diferenças na TMC quanto ao número de episódios de seca em relação aos meses com umidade (ou seja, $IPP > 0$).

Ademais, a identificação dos modelos (1) e (2) assume que os efeitos fixos em nível de municípios, θ_i , capturam as características não observáveis específicas e imutáveis ao longo do tempo, as quais influenciam a mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida e podem estar correlacionadas com a precipitação pluviométrica do município (exemplo, disponibilidade natural de recursos hídricos). Por outro lado, os efeitos fixos associados ao tempo, θ_t , capturam choques agregados sobre os municípios cearenses, bem como a tendência histórica decrescente da TMC.

Também se estima os modelos (1) e (2) incluindo variáveis socioeconômicas e demográficas (ver Tabela 1) no intuito de controlar possíveis diferenças municipais quanto à capacidade se adaptar e responder aos períodos de escassez de chuvas. Ademais, especificações alternativas são testadas com o objetivo de verificar a robustez dos resultados. Por exemplo, estima-se o modelo (1) substituindo a precipitação pluviométrica dos municípios (mm) pelo Índice Padronizado de Precipitação (IPP) que mede os desvios da precipitação municipal em relação à média histórica em termos de desvios padrões. Outra versão do modelo (1) é estimada, mas incluindo a variável dependente defasada. Essa abordagem permite controlar por potenciais variáveis omitidas que variam no tempo (ANGRIT e PISCHKE, 2009). Realiza-se também uma análise “*placebo*” para testar a robustez das estimativas.

O presente estudo também busca investigar os possíveis mecanismos de efeito da precipitação pluviométrica sobre a TMC. Primeiro, verifica-se se o efeito da precipitação pluviométrica sobre a variável dependente é mediada pela disponibilidade de alimentos nos municípios. Em seguida, analisa-se que causas de morte de crianças menores de cinco anos de

vida (neste caso, doenças infectocontagiosas e desnutrição) são mais sensíveis ao regime de chuvas dos municípios. Diante do exposto, a próxima seção apresenta os resultados das estimações propostas.

4. Resultados

4.1 Resultados Básicos

Esta subseção apresenta os efeitos da precipitação pluviométrica (mm) média dos últimos 5 anos, incluindo o ano censitário (1987-1991, 1996-2000, e 2006-2010). As especificações variam dependendo da inclusão de controles adicionais ao modelo como é o caso da temperatura do ar (°C) e das variáveis socioeconômicas e demográficas. A Tabela 2 apresenta as estimativas do modelo empírico (1).

TABELA 2: Estimativas para a precipitação pluviométrica.

	(1)	(2)	(3)
Precipitação (mm)	-0,031** (0,013)	-0,034** (0,013)	-0,030** (0,014)
<i>Controles Adicionais</i>			
Temperatura do ar (°C)	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Sim
N	552	552	552

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimações incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies) e de ano (2 dummies). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummies para os anos de 2000 e 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

Os resultados da Tabela 2 mostram que a TMC se relaciona negativamente com a precipitação pluviométrica municipal. A estimação mais robusta, correspondendo à coluna (3), mostra um coeficiente negativo e estatisticamente significativo ao nível de 5%. A estimativa indica que uma queda de 100mm na pluviometria média dos municípios pode elevar a taxa de mortalidade em 3 óbitos para cada mil crianças nascidas vivas. Esses

resultados corroboram Rocha e Soares (2015), muito embora não sejam comparáveis em termos de magnitude.⁸

A próxima subseção apresenta os resultados de modelos alternativos como forma de demonstrar a sensibilidade da TMC em relação a outras variáveis associadas à precipitação pluviométrica dos municípios.

4.2 Especificações Alternativas

Nesta subseção, busca-se verificar dois importantes aspectos relacionados aos resultados da Tabela 2, que são: i) se os episódios de seca são de fato os responsáveis pelo impacto da precipitação média sobre a TMC; e ii) se a relação negativa entre a TMC e a precipitação pluviométrica é conservada ao se utilizar o Índice Padronizado de Precipitação (IPP) ao invés da precipitação pluviométrica.

Efeitos dos Episódios de seca

A Tabela 3 apresenta os efeitos dos episódios de seca (incipiente, moderada, e severa/extrema) sobre a TMC. Os resultados na coluna 3 mostram que um mês adicional de seca severa/extrema eleva a taxa de mortalidade em aproximadamente 1 óbito de criança menor de cinco anos de vida para cada mil nascidas vivas. Este resultado corrobora a hipótese de que são os episódios de seca severa/extrema que direcionam o impacto da precipitação pluviométrica sobre a mortalidade de crianças nos municípios cearenses.

⁸ Rocha e Soares (2015) utilizam os desvios da precipitação média durante a gestação em relação à média histórica municipal. Os autores mostram que um desvio negativo da precipitação média de 1 log em relação à média histórica pode aumentar a taxa de mortalidade de crianças menores de 1 ano de vida em 5,4 óbitos para cada mil nascidas vivas.

TABELA 3: Estimativas para os episódios de secas

	(1)	(2)	(3)
Seca severa/extrema (SE)	0.982** (0.441)	1.052** (0.436)	1.069** (0.442)
Seca moderada (SM)	0.700 (0.447)	0.754* (0.438)	0.652 (0.443)
Seca incipiente (SI)	0.578 (0.407)	0.601 (0.401)	0.549 (0.399)
<i>Controles Adicionais</i>			
Temperatura do ar (°C)	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Sim
N	552	552	552

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimações incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies) e de ano (2 dummies). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummies para os anos de 2000 e 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

Efeitos a partir do Índice de Precipitação Padronizado (IPP)

Um resultado alternativo aos apresentados nas Tabelas (2) é a estimação do modelo (1), na qual se utiliza como variável explicativa o valor médio do Índice de Precipitação Padronizado (IPP) mensal dos últimos 5 anos. Por possuir uma distribuição de valores aproximada para uma distribuição normal padrão, a interpretação dos coeficientes refere-se ao número de desvios padrões em relação à média histórica da precipitação pluviométrica (MCKEE et al., 1993). A Tabela 4 apresenta os resultados das estimações.

Os resultados mostram que a TMC se relaciona negativamente com o IPP dos municípios, indicando que municípios com baixo (elevado) valor médio do índice nos últimos 5 anos apresentam maiores (menores) taxas de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida. O coeficiente estimado na versão mais robusta do modelo é -26,9, e se mostra estatisticamente significantes ao nível de 1%. Essa estimativa indica que uma queda de 1 desvio-padrão da pluviometria média em relação à média histórica pode elevar a taxa de

mortalidade em aproximadamente 27 óbitos de crianças menores de cinco anos de vida por cada mil nascidas vivas.

TABELA 4: Estimativas para o índice de precipitação padronizado

	(1)	(2)	(3)
IPP	-21,547*** (6,718)	-22,805*** (6,760)	-26,903*** (7,014)
<i>Controles Adicionais</i>			
Temperatura do ar (°C)	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Sim
N	552	552	552

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimações incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies) e de ano (2 dummies). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummies para os anos de 2000 e 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

Portanto, os resultados desta subseção corroboram a hipótese de que a saúde infantil é de fato sensível às condições pluviométricas dos municípios cearenses, especialmente à ocorrência de episódios de seca severa/extrema.

4.3 Análise de Robustez

A presente subseção apresenta estimações alternativas ao modelo (1) com o intuito de verificar a robustez dos resultados apresentados na Tabela 2. Inicialmente, estima-se uma versão do modelo (1) com variável dependente defasada e, em seguida, testa-se o modelo (1) a inclusão de uma variável “*placebo*”.

Efeitos Fixos versus Variável Dependente Defasada

O modelo de efeitos fixos assume que a heterogeneidade não observada é constante em relação à dimensão tempo. Todavia, há a possibilidade de fatores não observáveis que variam no tempo exercerem influencia sobre as estimativas, mesmo com a estimação de

efeitos fixos e a inclusão de variáveis controles. Nesta situação, Angrist e Pischke (2009) sugerem, sob certas condições, a estimação de um modelo com variável dependente defasada do tipo:

$$TMC_{it} = \alpha + \rho P_{it} + \delta T_{it} + \lambda TMC_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

Desta forma, a taxa de mortalidade defasada capturaria fatores não observáveis variantes no tempo. Ainda mais importante é o fato das estimativas dos modelos (1) e (3) poderem ser interpretadas como limites (inferior e superior) do verdadeiro efeito causal da precipitação sobre a mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida. Por exemplo, se a precipitação pluviométrica se correlaciona negativamente com a TMC defasada, ou com determinantes fixos da taxa de mortalidade defasada, então podemos esperar que: i) o modelo de efeitos fixos proverá um limite superior para ρ ; e ii) o modelo com variável dependente defasada fornecerá uma estimativa um limite inferior para o verdadeiro valor do parâmetro de interesse.⁹

TABELA 5: Estimativas para o modelo com variável dependente defasada.

	(1)	(2)	(3)
Precipitação (mm)	-0,006** (0,003)	-0,006** (0,003)	-0,006** (0,003)
Taxa de Mortalidade ($t - 1$)	0,810*** (0,015)	0,810*** (0,015)	0,510*** (0,024)
<i>Controles Adicionais</i>			
Temperatura do ar (°C)	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Sim
N	368	368	368

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimações incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummy para o ano de 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

⁹ Rocha e Soares (2010) estimam o modelo com a variável dependente defasada com o objetivo de analisar o impacto da expansão do Programa Saúde da Família sobre as taxas de mortalidade da população brasileira. Oliveira e Quintana-Domeque (2014) realizam o mesmo procedimento para estimar o limite inferior e superior do impacto das condições econômicas ao nascer sobre a estatura da população adulta brasileira.

Esse é exatamente o resultado que observamos na Tabela 5, ou seja, uma queda de 100mm na precipitação média dos municípios em um período de 5 anos resultaria em um aumento de 0,6 óbitos de crianças menores de cinco anos de vida por mil nascidas vivas. Uma estimativa 5 vezes menor do que aquela obtida no modelo de efeitos fixos. Portanto, sugere-se que o verdadeiro valor do parâmetro ρ está entre -0,006 e -0,03, considerando os resultados da coluna (3) nas Tabelas 2 e 5.

Análise “Placebo” para a Precipitação Pluviométrica

Uma análise de robustez dos resultados apresentados na Tabela (1) baseia-se em um teste “placebo” para as estimativas. Testa-se a hipótese nula de inexistência de qualquer associação entre a TMC e a precipitação pluviométrica média de dois anos posteriores ao ano censitário (ou seja, 1992-1993, 2001-2002, 2011-2012). A Tabela 6 apresenta os resultados das estimações incluindo a variável placebo nas regressões.

TABELA 6: Estimativas para o modelo com variável “*placebo*”.

	(1)	(2)	(3)	(4)
Precipitação (mm) para 2 anos posteriores	-0,001 (0,009)	0,001 (0,009)	0,002 (0,008)	0,002 (0,008)
Precipitação (mm)		-0,031** (0,014)	-0,031** (0,014)	-0,031** (0,014)
<i>Controles Adicionais</i>				
Temperatura do ar (°C)	Não	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Não	Sim
N	552	552	552	552

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimações incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies) e de ano (2 dummies). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummies para os anos de 2000 e 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

Os resultados mostram que não se pode rejeitar a hipótese nula, mostrando que a variável “*placebo*” não possui qualquer relevância na determinação da TMC. Além disso, as

estimativas para a precipitação média no período de 5 anos se mantiveram praticamente inalteradas quando comparadas às estimativas da Tabela 2.

4.4 Potenciais Canais de Efeito

Esta subseção é dedicada à análise de dois potenciais mecanismos de efeito da precipitação pluviométrica sobre a TMC. Primeiro, analisa-se se o efeito da precipitação pluviométrica sobre a TMC é influenciada pela disponibilidade de alimentos dos municípios. Segundo, verifica-se se os óbitos de crianças menores de cinco anos de vida por desnutrição e por doenças infectocontagiosas são sensíveis à pluviometria dos municípios.

Disponibilidade de Alimentos

As mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global poderão reduzir a produtividade agrícola do Ceará em 30% segundo Assunção e Chen (2016). Particularmente, as culturas de subsistência e a produção de grãos no Ceará são bastante sensíveis ao regime de chuvas (SULIANO et al., 2009). Logo, a queda na produção agrícola decorrente da escassez de chuva e aumento da temperatura pode restringir a disponibilidade de alimentos para a população e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de nutrientes necessárias para o pleno crescimento e desenvolvimento fisiológico das crianças.

A Tabela 7 apresenta as estimativas dos modelos (1), adicionando o logaritmo natural da produção *per capita* (toneladas por habitantes) dos principais produtos agrícolas produzidos no Ceará (cana de açúcar, mandioca, feijão, e milho). As estimativas mostram que a produção agrícola *per capita* possui sinal negativo em todas as estimações, mas não possui significância estatística. Por outro lado, as estimativas referentes à precipitação média apresentam coeficientes ligeiramente menores àqueles exibidos nas Tabelas 2, mas mantendo-se robustas à inclusão da produção agrícola *per capita* municipal. Rocha e Soares (2015)

também mostram que a precipitação pluviométrica do município permanece robusta a inclusão da produção de alimentos nas estimativas.

TABELA 7: Estimativas para o modelo com a produção de alimentos *per capita*

	(1)	(2)	(3)
Precipitação (mm)	-0,029** (0,013)	-0,032** (0,013)	-0,028** (0,014)
ln(Produção de Alimentos <i>per capita</i>)	-3,088 (2,713)	-2,442 (2,762)	-2,718 (2,736)
<i>Controles Adicionais</i>			
Temperatura do ar (°C)	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Sim
N	552	552	552

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimativas incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies) e de ano (2 dummies). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummies para os anos de 2000 e 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

Suliano et al. (2009) sugerem que a produção agrícola do Estado vem apresentado uma menor dependência quanto ao regime pluviométrico na década de 2000, sendo menos suscetível aos períodos de seca. Os autores sugerem que o aumento da agricultura irrigada e o maior volume de transferências governamentais de renda para o setor rural podem ter contribuído para uma menor vulnerabilidade das famílias em períodos de seca. Isso pode explicar a ausência de influência da variável de disponibilidade de alimentos sobre a estimativa do efeito da precipitação pluviométrica sobre a TMC.

Doenças Infectocontagiosas e Parasitárias

Outro potencial mecanismo de efeito é o aumento da exposição das crianças menores de cinco anos devido às doenças infectocontagiosas e à desnutrição em períodos de seca. Rocha e Soares (2015) estimam os efeitos da escassez de chuvas para a taxa de mortalidade

infantil por causas de morte, e mostram que ambas as causas de morte são sensíveis às flutuações da precipitação pluviométrica no semiárido nordestino.

Infelizmente, a base de dados utilizada para o referido estudo não apresenta taxas de mortalidade por causas de morte, o que facilitaria nossa análise. Todavia, obteve-se no DATASUS a proporção dos óbitos de crianças entre 0 e 5 anos de idade com respeito à desnutrição e às doenças infectocontagiosas para os anos de 2000 e 2010. Apesar de o DATASUS disponibilizar informações sobre óbitos de crianças menores de cinco anos de vida para o ano de 1991, a subnotificação é considerável, inviabilizando o uso das informações no referido ano.

A Tabela 8 apresenta as estimações para a proporção de óbitos de crianças por doenças infectocontagiosas e por desnutrição.

TABELA 8: Impacto sobre mortes causadas por doenças infectocontagiosas e desnutrição

	(1)	(2)	(3)
<i>Doenças Infectocontagiosas</i>			
Precipitação (mm)	-0,021*** (0,007)	-0,029*** (0,008)	-0,022*** (0,008)
<i>Desnutrição</i>			
Precipitação (mm)	-0,001 (0,003)	-0,003 (0,004)	-0,001 (0,004)
<i>Controles Adicionais</i>			
Temperatura do ar (°C)	Não	Sim	Sim
Socioeconômicos e demográficos	Não	Não	Sim
N	368	368	368

Nota. Erro padrão robusto e clusterizado em nível de municípios aparecem entre parênteses. Todas as estimações incluem os efeitos fixos de municípios (183 dummies) e de ano (1 dummy). Os controles socioeconômicos e demográficos municipais (X) incluem as seguintes variáveis: log natural da renda domiciliar *per capita*, índice de Gini, taxa de fecundidade, taxa de analfabetismo para a população maior de 18 anos de idade, taxa de urbanização, e proporção de pessoas vivendo em domicílios com mais de duas pessoas por dormitório, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso à água canalizada, proporção de pessoas vivendo em domicílios com acesso inadequado ao abastecimento de água e coleta de esgoto, interação entre o indicador de municípios pobres (proporção de pobres acima do valor mediano) e dummies para o ano de 2010. ***p-valor < 0,01, **p-valor < 0,05 e *p-valor < 0,1.

Os resultados mostram que a desnutrição não é sensível à variação da precipitação municipal, enquanto os óbitos por doenças infectocontagiosas tendem a aumentar em municípios com baixa precipitação pluviométrica. As estimativas indicam que uma queda da

precipitação média em 100mm dos municípios, elevaria a proporção de óbitos por doenças infectocontagiosas em 2,2 pontos percentuais, segundo o modelo mais robusto. Tais resultados corroboram as evidências apresentadas por Rocha e Soares (2015).

A propagação das doenças infectocontagiosas pode ocorrer através das próprias ações públicas de mitigação dos impactos da seca. No atual período de seca no estado do Ceará, o qual se iniciou em 2010 e é considerado um dos mais longos de sua história, há diversos relatos de pessoas que adoeceram (apresentando sintomas de diarreias, vômitos e dores de cabeça) em virtude da má qualidade da água distribuída por carros-pipa, cujas crianças se apresentam como grupo demográfico mais afetado (LAVO, 2015).¹⁰

Dado que o carro-pipa tem sido a forma alternativa mais comum de abastecimento de água em períodos de seca no Ceará, é de se esperar um grande número de casos de doenças de veiculação hídrica em municípios afetados pela falta de água. Vale salientar que somente em 2011, o Ministério da Saúde determinou que toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de solução alternativa de abastecimento deve ser objeto de controle da vigilância de qualidade.¹¹ Portanto, mesmo que as crianças tenham garantida sua segurança alimentar em períodos de seca, há riscos a vida diante do aumento do acesso à água de má qualidade (ou não tratada) *vis-à-vis* o acesso à água proveniente do sistema público de abastecimento.

O “Plano Estadual de Convivência com a Seca: Ações Emergenciais e Estruturantes”, desenvolvido pelo estado do Ceará no início de 2015 como instrumento de planejamento de políticas públicas de mitigação dos impactos da seca no Estado, reconhece que escassez de água compromete sua qualidade e provoca o aumento das doenças de veiculação hídrica (CEARÁ, 2015). Contudo, o plano dá ênfase somente às políticas públicas que focam o

¹⁰ A Operação Carro-Pipa é um programa federal em parceria com os governos estaduais. Somente em 2015, 166 cidades cearenses recorreram ao abastecimento de água via carro-pipa, sendo um total de 1.456 “pipeiros” operando (motoristas responsáveis pelo transporte de água em carros-pipa) em 153 reservatórios de água indicados pela Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos (COGERH) do Governo do Estado do Ceará.

¹¹ Portaria Nº 2.914 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde, Governo Federal.

acesso à água (distribuição de água por carros-pipa, construção de adutoras, poços profundos, e cisternas, etc.), não apresentando qualquer ação relacionada à qualidade. Isso fica mais evidente com a ausência efetiva da Secretaria de Saúde na elaboração do plano.

4.5 Custos da Escassez de Chuvas

Nesta subseção, analisam-se potenciais cenários de impacto de escassez de chuvas decorrentes das mudanças climáticas. O Nordeste (região de caatinga) pode sofrer queda da precipitação pluviométrica (mm) de -10% a -20% até 2040, de -25% a -35% entre 2041 e 2070, e de -40% a -50% entre 2071 e 2100 (PBMC, 2012). Esses valores da variação da precipitação pluviométrica são utilizados para construir os cenários para os anos de 2040, 2070 e 2100.

A partir do número médio de nascidos vivos entre 2001 e 2010 no estado do Ceará (137.276, segundo o DATASUS/SINASC), projeta-se o número de vidas perdidas de crianças menores de 5 anos (M) em função da variação da precipitação pluviométrica (ΔP) (SOUZA et al., 2013).

$$M = \frac{\#Nascidos\ Vivos}{1000} * (\hat{\rho} * \Delta P) \quad (3)$$

O número estimado de vidas perdidas de crianças menores de 5 anos tomará como base os limites inferiores e superiores dos parâmetros estimados para a precipitação pluviométrica média no período de 5 anos (ver coluna (2) das Tabela 2 e 5). Em seguida, multiplica-se o número de vidas perdidas pelo valor estatístico de uma vida. Segundo Corbi et al. (2006) este valor é de R\$ 650 mil em valores de 2010.¹² Finalmente, o valor total da perda é apresentado em termos de proporção do PIB Estadual (R\$ 77,9 bilhões, valores de 2010).

A Tabela 9 apresenta as estimativas de custo de vidas perdidas em função da queda da precipitação pluviométrica causada por mudanças climáticas. As estimativas indicam que a

¹² Rocha e Soares (2015) utilizam essas estimativas para realizar análise de custo-benefício do impacto do provimento de saneamento básico e abastecimento de água no número de vidas salvas.

perda monetária de capital humano na infância pode chegar a 0,6% do PIB Estadual até 2040, 1,05% até 2070 e 1,50% até 2100.

Tabela 9: Custo das vidas perdidas em decorrência da queda de pluviometria no Ceará

Parâmetros	2040		2070		2100		
	-10%	-20%	-25%	-35%	-40%	-50%	
	-0,006	0,06	0,12	0,15	0,21	0,24	0,30
	-0,030	0,30	0,60	0,75	1,05	1,20	1,50

Fonte: Elaboração dos autores.

Vale salientar que essas proporções são conservadoras quanto ao valor estatístico de uma vida no Brasil, a qual pode chegar a R\$ 5 milhões segundo Corbi et al. (2006). Esse valor pode ser ainda maior no futuro apesar da tendência demográfica decrescente da natalidade, pois um número menor de crianças significará maiores investimentos na formação do capital humano motivada pela expectativa de geração de mais riqueza quando adultos.

5. Limitações do Estudo

A principal limitação do estudo é a ausência de evidência que possa comprovar que os resultados apresentados na Seção 4 não são influenciados pela potencial migração seletiva decorrente das mudanças no padrão de chuvas no Ceará. No entanto, algumas considerações podem ser feitas com base na literatura recente e algumas evidências apresentadas no presente estudo. Por exemplo, eventos climáticos extremos podem causar rupturas sociais, configurando-se em um potencial mecanismo de efeito sobre a saúde populacional de acordo com Confalonieri et al. (2007). Deschenês e Moretti (2009) mostram que ondas de frio nos Estados Unidos não somente amentaram a mortalidade, como também influenciaram a migração de áreas frias para áreas mais quentes do país.

No Brasil, alguns estudos recentes têm apresentado evidências dos efeitos das mudanças climáticas sobre os movimentos populacionais. Por exemplo, Barbieri et al (2010) apresentam evidências de que a região central do Nordeste poderá experimentar movimentos

migratórios decorrentes de mudanças climáticas, especialmente os municípios dependentes da atividade agrícola. Na mesma linha, Delarezi e Cunha (2015) mostram que a elevação na temperatura média (°C) e a queda na precipitação média (mm) dos municípios do semiárido nordestino estimularam a migração rural-urbana entre 1991 e 2010. Logo, se a migração (inter-regional ou rural-urbana) da população cearense estiver condicionada ao regime de chuvas no Estado, então as estimativas do modelo (1) podem estar enviesadas.

Entretanto, Queiroz e Baeninger (2013) mostram que o fluxo migratório do estado do Ceará sofreu reversão entre as décadas de 1990 e 2000. Nos anos 2000, o Ceará saiu da condição de Estado “emissor” para “receptor”. Muito provavelmente, tal mudança no padrão migratório do Ceará nesse período não foi influenciada pelas mudanças climáticas extremas (tais como seca), mas sim pela melhoria das condições socioeconômicas observada nesse período (ver Tabela 1). Infelizmente, essa hipótese não é testada no presente estudo, devendo ser investigada em estudos futuros sobre o tema.

Quanto ao movimento rural-urbano decorrente de secas (DELAZERI e CUNHA, 2015), a migração da população rural para as áreas urbanas poderia agravar as condições socioeconômicas em virtude da carência de infraestrutura urbana (SOUZA et al., 2013, CONFALONIERI et al., 2007). Contudo, a Tabela 1 mostra um aumento da taxa de urbanização dos municípios cearenses acompanhado por melhorias nas condições socioeconômicas dos mesmos, inclusive com aumento do acesso ao abastecimento de água e coleta de esgoto adequada. Ademais, os resultados das Tabelas 2, 3 e 5 são robustos a inclusão da taxa de urbanização e de variáveis socioeconômicas. Logo, a migração seletiva parece não ser um potencial mecanismo de efeito da precipitação pluviométrica sobre a taxa de mortalidade de crianças menores de 5 anos no Ceará.

6. Conclusões

O presente estudo investigou os potenciais impactos da precipitação pluviométrica sobre a saúde infantil, representada pela taxa de mortalidade de crianças menores de cinco anos de vida dos municípios cearenses entre 1991 e 2010. Embora o Ceará tenha apresentado uma substancial evolução do padrão de vida de sua população neste período, os resultados obtidos mostraram que saúde infantil tende a se deteriorar em municípios com baixa precipitação pluviométrica, especialmente naqueles em que episódios de seca severa ou extrema ocorreram com mais frequência.

Os resultados são robustos à inclusão de condicionantes socioeconômicos e demográficos, os quais capturam diferenças na capacidade dos municípios em resistir aos períodos de seca. A estimação de modelos com medidas alternativas de precipitação, bem como a estimação com variável placebo e com variável dependente defasada, fornece maiores evidências de robustez dos resultados do estudo.

Explorando os mecanismos de efeito, observou-se que a disponibilidade de alimentos não se apresenta como um mediador do impacto da precipitação pluviométrica do município sobre a TMC. Por outro lado, observa-se que a proporção de óbitos de crianças por doenças infectocontagiosas se eleva em períodos de escassez de chuva, corroborando Rocha e Soares (2015). Muito provavelmente o aumento do consumo de água de má qualidade (ou sem tratamento adequado) em períodos de escassez severa de chuvas seja o fator capaz de explicar o aumento dos óbitos de crianças por doenças infectocontagiosas. Desta forma, as políticas públicas devem garantir não somente o acesso ao abastecimento de água, como também a sua qualidade para o consumo humano.

As evidências encontradas no estudo corroboram a literatura recente que tem mostrado os impactos das mudanças climáticas e eventos climáticos extremos sobre a saúde infantil (SKOUFIAS e VINHAS, 2012; PEREDA et al., 2014; ROCHA e SOARES, 2015;

ANDALÓN et al., 2016; GROPPPO e KRAEHNERT, 2016). No entanto, o estudo possui limitações, especialmente no que tange a investigação do mecanismo de efeito relacionado à migração seletiva causada potencialmente por mudanças climáticas (CONFALONIERI et al., 2007; BARBIERI et al., 2010; DELAZERI e CUNHA, 2015). Por outro lado, as evidências encontradas não são negligenciáveis, uma vez que elas sugerem que as mudanças climáticas poderão gerar um custo para a sociedade cearense de até 1,5% do PIB em decorrência dos óbitos de crianças menores de cinco anos de vida até o final do Século XXI.

Apêndice A Índice de Precipitação Padronizado

O Índice de Precipitação Padronizado (IPP) proposto por McKee et al. (1993) baseia-se na estimação da probabilidade de chuvas de determinada localidade por meio da distribuição $Gama(\alpha, \beta)$. Os parâmetros, α e β , são estimados via Máxima Verossimilhança de tal forma que:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad \hat{\beta} = \frac{\bar{P}}{\hat{\alpha}} \quad A = \ln(\bar{P}_t) - \frac{\sum \ln(\bar{P}_t)}{N}$$

onde P é a precipitação mensal do município, e N é o número de meses. No período de 1940 a 2014, a precipitação média em cada um dos 184 municípios cearenses foi obtida para 900 meses. Todavia, a distribuição Gama não é definida para uma variável aleatória com valores nulos, ou seja, $P = 0$. Logo, sua distribuição cumulativa é modificada para incluir tais eventos, ou seja,

$$H(P_t) = q + (1 - q)G(P_t) \quad q = \frac{M}{N}$$

onde M é o número de meses entre 1940 e 2014 com precipitação nula no município.

Finalmente, a distribuição acumulada $H(P_t)$ é transformada em uma distribuição normal padronizada usando o seguinte procedimento (ABRAMOWITZ e STEGUN, 1965):

$$IPP = \begin{cases} - \left(a - \frac{c_0 + c_1 a + c_2 a^2}{1 + d_1 a + d_2 a^2 + c_3 a^3} \right), & \text{se } 0 < H(P_t) \leq 0,5 \\ + \left(a - \frac{c_0 + c_1 a + c_2 a^2}{1 + d_1 a + d_2 a^2 + c_3 a^3} \right), & \text{se } 0,5 < H(P_t) \leq 1 \end{cases}$$

$$a = \begin{cases} \sqrt{\frac{1}{H(P_t)^2}}, & \text{se } 0 < H(P_t) \leq 0,5 \\ \sqrt{\frac{1}{(1-H(P_t))^2}}, & \text{se } 0,5 < H(P_t) \leq 1 \end{cases}$$

onde $c_0 = 2,515517$, $c_1 = 0,802853$, $c_2 = 0,010328$, $d_1 = 1,432788$, $d_2 = 0,189269$ e $d_3 = 0,001308$. O Quadro A1 apresenta a classificação do regime de chuvas com base no IPP, convencionada na literatura internacional.

Quadro A1: Classificação do regime de chuvas com base no Índice de Precipitação Pluviométrica

Intervalos	Categorias
$IPP \geq 2,0$	Extremamente úmido
$1,5 \leq IPP < 2,0$	Severamente úmido
$1,0 \leq IPP < 1,5$	Moderadamente úmido
$0,0 < IPP < 1,0$	Umidade incipiente
$0,0 \leq IPP < -1,0$	Seca incipiente
$-1,0 \leq IPP < -1,5$	Moderadamente seco
$-1,5 \leq IPP < -2,0$	Severamente seco
$IPP \leq -2,0$	Extremamente seco

Fonte: Blain e Kayano (2011).

Hayes et al., (1999) sugerem que 68% dos valores do IPP estejam no intervalo entre -1 e 1, e 95% entre -2 e 2, considerando uma longa série de precipitação. Por possuir média e desvio padrão fixos, o IPP pode ser comparada entre diferentes regiões e localidades.

Referências

- ABRAMOWITZ, M.; STEGUN., I.A. **Handbook of mathematical function**, Dover, p.1046, 1965.
- ALMOND, D.; CURRIE, J. Human capital development before age five. *Handbook of Labor Economics*, vol. 4b, p.1315-1486, 2011.
- ALVES, J.; CAVENAGHI, S. Tendências demográficas, dos domicílios e das famílias no Brasil. *Aparte: Inclusão Social em Debate*, 2012. Disponível em: http://www.ie.ufrj.br/aparte/pdfs/tendencias_e_de_familias_24ago12.pdf. Acesso em: 17 mai. 2017.
- ALVES, J.; SILVA, R.; SOUZA, E.; REPELLI, C. Principais secas ocorridas neste século no estado do Ceará: Uma avaliação pluviométrica. *Anais do Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET – Brasília-DF*, 1998. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/13-1380726e80520f5fb2161d562051b1ad.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- ALVES, D.; BELLUZZO, W. Infant mortality and child health in Brazil, *Economics and Human Biology*, vol. 2, p.391-410, 2004.
- ANDALÓN, M.; AZEVEDO, J. P.; RODRÍGUEZ-CASTELÁN, C.; SANFELICE, V.; VALDERRAMA-GONZÁLEZ, D. Weather shocks and health at birth in Colombia. *World Development*, vol. 82, p.69-82, 2016.
- ANGRIST, J. D.; PISCHKE, J. S. *Mostly harmless econometrics*. Princeton University Press, 2009.
- ASSUNÇÃO, J. CHEIN, F. Climate change and agriculture productivity in Brazil: Future perspectives. *Environmental and Development Economics*, vol. 21, n. 5, p.1-22, 2016.
- BARRECA, A.; DESCHÊNES, O.; GULDI, M. Maybe next month? Temperature shock, climate change, and dynamic adjustment in birth rates. *NBER Working Papers*, n. 21681, 2015. Disponível em: <http://www.nber.org/papers/w21681>. Acesso em: 10/01/2017.
- BARBIERI, A. F.; DOMINGUES, E.; QUEIROZ, B.; RUIZ, R.; RIGOTTI, J.; CARVALHO, J., RESENTE, M. Climate change and population migration in Brazil's Northeast: scenarios for 2025-2050. *Population and Environment*, vol. 31, p. 344-370, 2010.
- BAUER, J. M.; MBURU, S. Effects of drought on child health in Marsabit District, Northern Kenya. *Economics and Human Biology*, vol. 24, p.74-79, 2017.
- BLAIN, G. C.; KAYANO, M. T. 118 anos de dados mensais do índice padronizado de precipitação: série meteorológica de Campinas, Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 26, n. 1, p.137-148, 2011.
- BRANT, S. Assessing vulnerability to drought in Ceará, Northeast Brazil. Master's thesis, University of Michigan, 2007. Disponível em: https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/57432/Brant_thesis.pdf?sequence=1. Acesso em: 24 jan. 2017.

CEARÁ. Plano estadual de convivência com a seca: Ações emergenciais e estruturantes. Governo do Estado do Ceará, 25 de fevereiro de 2015. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/plano-estadual-de-convivencia-com-a-seca>. Acesso em: 20 jan. 2017.

CONFALONIERI, U.; MENNE, B.; AKHTAR, R.; EBI, K.L., HAUENGUE, M.; KOVATS, R.S.; REVICH, B.; WOODWARD, A. Human health. In: Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P.; van der Linden, P.J.; Hanson, C.E. (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 391–431, 2007.

CONFALONIERI, U.; RODRIGUEZ, M. Public health vulnerability to climate change in Brazil. *Climate Research*, vol. 40, p. 175-186, 2009.

CORBI, R.; MENEZES-FILHO, N.; SOARES, R.; DA COSTA WERLANG, S. “Avaliação Econômica de Ganhos Sociais na Área da Saúde–Estimativas do Valor de uma Vida Estatística para o Brasil.” Unpublished manuscript, 2006.

COSTELLO, A.; ABBAS, M.; ALLEN, A.; BALL, S.; BELL, S.; BELLAMY, R.; FRIEL, S.; GROCE, N.; JOHNSON, A.; KETT, M.; LEE, M.; LEVY, C.; MASLIN, M.; MCCOY, D.; MCGUIRE, B.; MONTGOMERY, H.; NAPIER, D.; PAGEL, C.; PATEL, J.; ANTONIO J.; OLIVEIRA, P.; REDCLIFT, N.; REES, H.; ROGGER, D.; SCOTT, J.; STEPHENSON, J.; TWIGG, J.; WOLFF, J.; PATTERSON C. Managing the health effects of climate change. *The Lancet*, vol.373, 2009.

CUTLER, D. et al. The determinants of mortality. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 20, n. 3, p.97-120, 2006.

DESCHÊNES, O.; GREENSTONE, M.; GURYAN, J. Climate change and birth weight. *American Economic Review: Papers & Proceedings*, vol. 99, n. 22, p.211-217, 2009.

DESCHÊNES, O.; MORETTI, E. Extreme weather events, mortality and migration. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 91, n. 4, p.659-681, 2009.

DELAREZI, L.M.; CUNHA, D. A. Mudanças climáticas e migração rural-urbana no semiárido brasileiro. *Anais do 43º Encontro Nacional de Economia da ANPEC*. Disponível em: <http://www.anpec.org.br/novosite/br/encontro-2015>. Acesso em: 30 jan. 2017.

FISCH, H.; ANDREWS, H. F.; FISCH, K. S.; GOLDEN, R.; LIBERSON, G.; OLSSON, C. A. The relationship of long-term global temperature change and human fertility. *Medical Hypotheses*, vol. 61, n.1, p. 21-28, 2003.

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 Economic Development*, vol. 92, p.188-200, 2010.

GROPPO, V.; KRAEHNERT, K. Extreme weather events and child height: Evidence from Mongolia. *World Development*, vol. 86, p.59-78, 2016.

GUTIÉRREZ A. P.; ENGLE, N. L.; NYS, E.; MOLEJÓN, C.; MARTINS, E. S. Drought preparedness in Brazil. *Weather and Climate Extremes*, vol. 3, p.95-106, 2014.

HAYES, M. J.; SVOBODA, M.D.; WILHITE, D.A.; VANYARKHO, O.V. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 80, n.3, p.429-438, 1999.

HODDINOTT, J.; KINSEY, B. Child growth in the time of drought. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol.63, n. 4, p.409-436, 2001.

IRFF, G.; OLIVEIRA, J.; BARBOSA, E. Análise dos determinantes socioeconômicos da taxa de mortalidade infantil (TMI) no Ceará. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará, Texto para Discussão, n. 48, 2008. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/textos-para-discussao>. Acesso em: 15 jan. 2017.

IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 582 pp, 2012.

KUDAMATSU, M.; PERSSON, T.; STRÖMBERG, D. Weather and infant mortality in Africa. CEPR Discussion Paper, 9222. 2012.

LAVO, T. Caminhões-pipa no Ceará entregam água imprópria à população. *Revista Exame*, 29 de setembro de 2015. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/brasil/caminhoes-pipa-no-ceara-entregam-agua-impropria-a-populacao/>. Acesso em: 20 jan. 2017.

LINDOSO, D. P.; ROCHA, J. D.; DEBORTOLI, N.; PARENTE, I. I.; EIRÓ, F.; BURSZTYN, M.; RODRIGUES-FILHO, S. Integrated assessment of smallholder farming's vulnerability to drought in the Brazilian Semi-arid: a case study in Ceará. *Climate Change*, vol. 127, n. 1, p.93-105, 2014.

MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: Conference on Applied Climatology, 8.,1993, Boston. *Anais... American Meteorological Society*, Boston: PREPRINTS, p.179 – 184, 1993.

METHA, L. Water and human development. *World Development*, vol. 59, p. 59-69, 2014.

PEREDA, P. C.; MENEZES, T. A.; ALVES, D. Climate change impacts on birth outcomes in Brazil, IDB Working Paper Series, n. 495, 2014. Disponível em: <http://publications.iadb.org/handle/11319/6451>. Acesso em: 21 jul. 2015.

OLIVEIRA, V. H.; QUINTANA-DOMEQUE, C. Early-life environment and adult stature in Brazil: An analysis for cohorts born between 1950 e 1980. *Economics & Human Biology*, vol. 15, p.67-80, 2014.

PBMC. Sumário Executivo do Volume 1 - Base Científica das Mudanças Climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 para o 1º Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Volume Especial para a Rio+20. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil, 34 pp, 2012.

PHALKEY, R.; ARANDA-JAN, C.; MARX, S.; HÖFLE, B.; SAUBER, R. Systematic review of current efforts to quantify the impacts of climate change on undernutrition. *PNAS*, vol. 112, n. 33, E4522-E4529, 2015.

PNUD. Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Brasília: PNUD/ONU, 2013. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>. Acesso em: 05 ago. 2013.

QUEIROZ, S. N.; BAENINGER, R. Migração de retorno: O caso recente das migrações cearenses. *Revista Econômica do Nordeste*, vol. 44, n. 4, p.833-850, 2013.

RASELLA, D.; AQUINO, R.; SANTOS, C. A. T.; PAES-SOUSA, R.; BARRETO, M. L. Effect of a conditional cash transfer programme on childhood mortality: a nationwide analysis of Brazilian municipalities, *The Lancet*, vol. 386, p.57-64, 2013.

ROCHA, R.; SOARES, R. Evaluating the impact of community-based health interventions: evidence from Brazil's Family Health Program, *Journal of Health Economics*, vol. 19, p.126-158, 2010.

ROCHA, R.; SOARES, R. Water scarcity and birth outcomes in the Brazilian semiarid, *Journal of Development Economics*, vol. 112, p.72-91, 2015.

ROSALES, M. F. Impact of early life shocks on human capital formation: El Niño floods in Ecuador. IDB Working Paper Series, n. 503, 2014. Disponível em: <https://publications.iadb.org/handle/11319/6761>. Acesso em: 21 jul. 2015.

ROSEMBERG, E.; ALVES, D.; TIMMINS, C.; EVENSON, R. Health, climate change, and development in Brazil: A cross-section analysis. Inter-American Development Bank, Research Network Working Paper, n. R-386, 2000. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/6442157.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2016.

RYLANDER, C.; ODLAND, Ø. J.; SANDANGER, T. M. Climate change and the potential effects on maternal and pregnancy outcomes: an assessment of the most vulnerable — the mother, fetus, and newborn child. *Global Health Action*, [S.l.], vol. 6, mar. 2013.

SOUZA, E. C.; COELHO, A. B.; LIMA, J. E.; CUNHA, D. A.; FÉRES, J. G. Impactos de Mudanças Climáticas Sobre o Bem-Estar Relacionado à Saúde no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, vol. 43, n. 1, p.49-87, 2013.

SCHULTZ, P.; ROSENBERG, E.; ALVES, D.; TIMMIS, C. Health and climate change in the developing world: the impact of global warming on Brazilian morbidity patterns. New Haven: Yale University, Discussion Paper, 2003.

SKOUFIAS, E.; VINHA, K. Climate variability and child height in rural Mexico, *Economics and Human Biology*, vol.10, p.54-73, 2012.

STANK, C; KERAC, M.; PRUDHOMME, C; MEDLOCK, J.; MURRAY, V. Health effects of droughts: A systematic review of the evidence. *PLoS Currents*. 2013.

SULIANO, D.; MAGALHÃES, K.; SOARES, R. A influência do clima no desempenho da economia cearense. IPECE, Texto para Discussão, n. 56, 2009. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/textos-para-discussao>. Acesso em: 25 jan. 2017.

UNDP. Linking climate change policies to human development: analysis and advocacy, United Nations, Human Development Report Office, 2009. Disponível em: <http://hdr.undp.org/en/content/linking-climate-change-policies-human-development-analysis-and-advocacy>. Acesso em: 21 jul. 2015.

VICTORA, C. et al. Maternal and child health in Brazil: progress and challenges, *The Lancet*, vol. 377, p.1863-1876, 2011.

WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Terrestrial precipitation: 1900-2014 gridded monthly time series (version 4.01), University of Delaware, United States of America, 2014a. Disponível em: http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/download.html. Acesso em: 30 out. 2016.

WILLMOTT, C. J.; MATSUURA, K. Terrestrial air temperature: 1900-2014 gridded monthly time series (version 4.01), University of Delaware, United States of America, 2014b. Disponível em: http://climate.geog.udel.edu/~climate/html_pages/download.html. Acesso em: 30 out. 2016.

WHO (2013) Estimation method for child mortality used in: level and trends of child mortality - Report 2013. World Health Organization, 2013. Disponível em: http://www.who.int/gho/child_health/mortality/ChildCME_method.pdf. Acesso em: 30 jan. 2017.