

PUCRS

ESCOLA DE NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO  
MESTRADO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO

NATÁSSIA MOLINA BAYER

**DOIS ENSAIOS SOBRE SANEAMENTO BÁSICO**

Porto Alegre  
2019

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica  
do Rio Grande do Sul



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE NEGÓCIOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO**

**DOIS ENSAIOS SOBRE SANEAMENTO BÁSICO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À  
PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO  
RIO GRANDE DO SUL COMO REQUISITO  
PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE  
EM ECONOMIA DO DESENVOLVIMENTO.

Mestranda: Natássia Molina Bayer

Orientador: Adelar Fochezatto

**Porto Alegre  
2019**

## Ficha Catalográfica

B357d Bayer, Natássia Molina

Dois ensaios sobre saneamento básico / Natássia Molina Bayer .  
– 2019.

61 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em  
Economia do Desenvolvimento, PUCRS.

Orientador: Prof. Dr. Adelar Fochezatto.

1. Curva de Kuznets Ambiental. 2. resíduos sólidos. 3. dados em  
painel. 4. doenças. 5. saneamento básico. I. Fochezatto, Adelar. II.  
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Salete Maria Sartori CRB-10/1363

**Natássia Molina Bayer**

**DOIS ENSAIOS SOBRE SANEAMENTO BÁSICO**

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Economia, pelo Mestrado em Economia do Desenvolvimento da Escola de Negócios da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 25 de março de 2019, pela Banca Examinadora.

**BANCA EXAMINADORA:**



Prof. Dr. Adelar Fochezatto

Orientador e presidente da Sessão



Prof. Dr. Osmar Thomaz de Souza



Prof.ª Dr.ª Laura Desirée Vernier Fujita

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que me ajudaram na realização deste trabalho. Para minha felicidade diversas pessoas contribuíram nesta empreitada. Agradeço primeiramente à Deus. Minha enorme gratidão à minha família Gerson, Elaine, Etiene, Pietra, Marcelo e a Marina pelo amor incondicional, amo vocês. Ao meu querido namorado e amigo Paulo, um presente que o mestrado me deu. Ele que esteve sempre ao meu lado, me ajudando a evoluir como pessoa e participou de todos os processos deste trabalho. Agradeço à família Ricco Uranga que me acolheu de uma maneira muito especial e com muito carinho. Agradeço ao melhor amigo Alison Centeno e ao meu querido amigo Robinson Neto pelo companheirismo nesta jornada.

Sou muito grata ao professor Adelar Fochezatto pelo auxílio, sugestões e comentários, os quais foram fundamentais para realização desta pesquisa. Minha gratidão a PUCRS e todos os professores e colegas de pós-graduação em Economia do Desenvolvimento. Em especial a professora Izete que sempre foi muito atenciosa comigo. Quero agradecer também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos.

Muito obrigada a todos vocês.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Mapa das cidades brasileiras que apresentaram epidemias e/ou endemias associadas ao saneamento básico nos últimos 12 meses para o ano de 2017.....45
- Figura 2 - Mapa das probabilidades de os municípios reportarem endemia e/ou epidemia de doenças associadas ao saneamento básico, estimadas pelo modelo SAR *probit* com regiões.54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos dados, 2011 - 2015 .....	19
Tabela 2 - Percentual, por região, de observações com coleta seletiva e que cobram pelo serviço de coleta e o número de observações por região.....	20
Tabela 3 - Modelos testados.....	23
Tabela 4 - Número de cidades que reportaram ter conhecimento de epidemias e endemias de doenças associadas ao saneamento básico .....	46
Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos .....	49
Tabela 6 - Coeficientes e testes dos modelos <i>probit</i> não espaciais e espaciais .....	50
Tabela 7 - Efeitos marginais do Modelo SAR <i>probit</i> com as Grandes Regiões brasileiras ....	52



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Descrição das variáveis utilizadas nos modelos.....	48
--	----

## SUMÁRIO

Apresentação.....	9
A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS E OS DETERMINANTES DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO BRASIL – 2011 A 2015.....	10
1.1 Introdução.....	12
1.2 Revisão bibliográfica.....	14
1.3 Metodologia.....	18
1.4 Resultados.....	22
1.5 Considerações finais.....	26
Referências Bibliográficas.....	29
APÊNDICE - Estatísticas Descritivas dos dados de 2011 – 2015.....	32
POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO E A OCORRÊNCIA DE ENDEMIAS E EPIDEMIAS DE DOENÇAS: UMA ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS USANDO MODELOS <i>PROBIT</i> .....	33
2.1 Introdução.....	34
2.2 Revisão bibliográfica.....	37
2.3 Metodologia.....	44
2.4 Análise dos resultados.....	49
2.5 Considerações finais.....	54
Referências Bibliográficas.....	57
Conclusão.....	60

## APRESENTAÇÃO

O Saneamento Básico pode ser considerado um mecanismo eficaz na melhoria da qualidade ambiental, assim como na redução significativa de doenças decorrentes de seu fornecimento inadequado. O saneamento abrange uma gama de serviços de abastecimento de água, de esgotamento sanitário, de coleta e manejo de água das chuvas, de manejo e coleta de resíduos sólidos. Foi a partir da Lei Federal nº 11.445, que houve um marco na regulação brasileira sobre as diretrizes referente à prestação destes serviços, buscando a universalização do acesso, além de garantir o cuidado com o meio ambiente e a saúde pública da população. Outro avanço também importante foi a promulgação da Lei Federal nº 12.305, em que foram estabelecidas metas sobre a não geração, redução, gestão integrada dos resíduos sólidos, incentivo a indústria de reciclagem, entre outros, a fim de diminuir os impactos negativos na natureza e a qualidade de vida.

Entendendo os benefícios que o saneamento básico de qualidade traz ao meio ambiente e à vida das pessoas, esta dissertação está dividida em dois ensaios, com o objetivo de contribuir para literatura e para o debate sobre o tema, indo ao encontro das metas estabelecidas nas duas leis supracitadas. O primeiro ensaio busca analisar os determinantes que influenciam a produção dos resíduos sólidos domiciliares nos municípios brasileiros, além disso, verificar a existência da Curva de Kuznets Ambiental para resíduos. Para tanto, foi empregada a metodologia de dados em painel desbalanceado, tendo como fonte o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o intervalo de 2011 a 2015.

O saneamento básico inadequado pode gerar grandes impactos negativos na saúde população, provocando a ocorrência de epidemias e endemias de doenças. Nesse sentido, o segundo ensaio tem como objetivo analisar o efeito da Política Municipal de Saneamento Básico na ocorrência de patologias oriundas do acesso aos serviços de saneamento inadequado nos municípios do Brasil. A metodologia aplicada é o modelo *probit* não espacial e espacial, já que a incidência de focos de doenças tende a apresentar uma correlação espacial. Os dados utilizados são da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC), disponibilizada pelo IBGE para o ano de 2017.

# A CURVA AMBIENTAL DE KUZNETS E OS DETERMINANTES DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO BRASIL – 2011 A 2015

## RESUMO

O trabalho objetiva testar a existência da Curva de Kuznets Ambiental (CKA), utilizando uma relação entre o PIB *per capita* e a geração de resíduos sólidos domiciliares (*proxy* para qualidade do meio ambiente) para municípios brasileiros. Além disso, buscou-se averiguar os determinantes que impactam a produção de resíduos no país. Foram estimados 9 modelos, por meio de dados em painel desbalanceado, para o intervalo de 2011 a 2015 com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Relação Anual de Informações (RAIS). Os resultados confirmaram a hipótese de CKA para a produção de resíduos sólidos domiciliares nos municípios do país. A variável *proxy* para turismo, testada nos modelos, pode ser considerada um indicativo para o aumento da produção de resíduos, entretanto possui um efeito pequeno na geração *per capita*. Já a cobrança pela prestação de coleta e a coleta seletiva possuem relação negativa, sendo neste caso responsáveis pela diminuição na geração de resíduos sólidos domiciliares *per capita*. Quando verificadas as diferentes regiões, a produção de resíduos sólidos foi impactada negativamente se as cidades pertencem ao Sul e ao Sudeste, tendo os municípios do Nordeste como referência. Para as regiões do Norte e Centro-Oeste este efeito não foi significativo.

**Palavras-chave:** Curva de Kuznets Ambiental, resíduos sólidos, dados em painel.

## ABSTRACT

The objective of this work is testing the existence of the Environmental Kuznets Curve (CKA), using a relation between the GDP per capita and the generation of household solid waste (a proxy for environmental quality) for Brazilian municipalities. In addition, we sought to investigate the determinants who impact on the production of waste in the country. Nine models were estimated using unbalanced panel data for the period from 2011 to 2015, with data from Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) and Relação Anual de Informações (RAIS). The results confirmed the CKA hypothesis for solid waste production in the municipalities of the country, showing a

Turning Point (TP) around 198 thousand reais for the analyzed interval. The proxy variable for tourism tested in the models can be considered indicative for the increase of waste production, however, it has a small effect on per capita generation. On the other hand, the charge for the provision of collection and the selective collection have negative relation, being in this case responsible for the decrease in the generation of solid residues per capita. When verified the different regions, the solid waste production was negatively impacted if the cities belong to the South and Southeast, with the municipalities of the Northeast as a reference. For the Northern and Central-West regions, this effect was not significant.

**Keywords:** Environmental Kuznets Curve, solid waste, panel data.

## 1.1 INTRODUÇÃO

A sociedade sempre se apropriou dos recursos naturais ao longo da sua história. No início existia uma economia fundamentada basicamente na caça e na pesca, posteriormente se estendeu à agricultura e ao artesanato. Foi a partir do século XVIII, durante a Revolução Industrial, que a extração e a utilização destes recursos se tornou ainda mais intensiva, assim trazendo grandes impactos ao meio ambiente (DANTAS; JÚNIOR, 2013).

A apropriação desenfreada dos recursos naturais motivou, em 1987, o lançamento do Relatório de Brundtland, intitulado também por Nosso Futuro Comum. Este relatório conceituou a ideia de desenvolvimento sustentável como aquele em que sejam supridas as necessidades da geração presente, além das necessidades das próximas gerações. Sendo assim, os objetivos do desenvolvimento social e econômico em todos os países devem (ou deveriam) estar alinhados com práticas sustentáveis, priorizando o equilíbrio ambiental. Para tal, as indústrias têm de produzir um maior número de produtos/serviços, porém utilizando menos recursos naturais (BRUNDTLAND, 1987).

Foi a partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida por Rio-92, que o tema ambiental se tornou ainda mais relevante na vida da sociedade moderna. Percebeu-se que o descuido com o meio ambiente pode acarretar impactos negativos nos ecossistemas, apressar o desmatamento, aumentar os índices de poluição do ar, além de acelerar a mudança climática do planeta. Essa degradação ambiental é agravada, na maioria das vezes, por fatores ligados ao crescimento demográfico e o processo de urbanização, bem como dos avanços tecnológicos e das alterações no padrão de consumo dos indivíduos (GOUVEIA, 2012).

Esses efeitos do desenvolvimento da sociedade ensejaram a preocupação sobre como o crescimento econômico pode afetar negativamente a qualidade do meio ambiente. No início dos anos 1990, a teoria da Curva de Kuznets<sup>1</sup> de 1955 foi adaptada e adotada nos debates sobre a questão ambiental. A teoria da Curva de Kuznets Ambiental (CKA), proposta por Grossman e Krueger (1991) buscou verificar a relação sobre os impactos gerados no meio ambiente decorrentes do crescimento econômico. Isso se deve ao fato de, no estágio inicial de crescimento econômico de um país, principalmente nos extremamente pobres, ocorre a liberação de gases poluentes decorrente da intensificação do processo produtivo, ou seja, as

---

<sup>1</sup> Simon Kuznets (1955) faz uma relação entre crescimento econômico e desigualdade de renda, sugerindo que nos primeiros anos de crescimento econômico de uma nação ocorre um aumento na desigualdade de renda. Contudo, a longo prazo, esse crescimento econômico atinge seu máximo, passando a diminuir essa desigualdade de renda. Esse movimento pode ser representado por uma curva no formato de U-invertido.

nações procuram desenvolver e ampliar o dinamismo econômico, logo isso causa um alto nível de poluição na natureza. Em certo patamar de desenvolvimento, os países auferem maiores níveis de renda e passam a dar maior importância para qualidade ambiental, logo a emissão de poluentes passa a diminuir (CARVALHO; ALMEIDA, 2010). Essa relação foi aplicada para diferentes formas de degradação como a emissão de poluentes do ar e poluição dos recursos hídricos, níveis de desmatamento, a disposição final de resíduos sólidos<sup>2</sup> (ORUBU; OMOTOR, 2011; STERN; COMMON; BARBIER, 1996) .

O crescimento econômico traz consigo uma gama de outros fenômenos já citados, como o processo de urbanização e o crescimento demográfico, que também impactam a geração de resíduos sólidos, em constante crescimento ao longo dos anos devido ao aumento da quantidade ofertada e a ampliação na variedade de modelos de bens e serviços que são disponibilizados no mercado. O uso de tecnologias avançadas permitiu a criação de materiais de decomposição lenta e nocivos à saúde, os quais são cada vez mais utilizados e desgastam o meio ambiente (GOMES; STEINBRUCK, 2012). Os avanços tecnológicos têm grande influência no aumento da variedade de produtos ofertados no mercado para o consumo dos indivíduos. Como decorrência deste processo algumas empresas adotam a obsolescência programada<sup>3</sup> como estratégia para estimular o consumo, assim gerando maiores lucros. Essa obsolescência programada provoca o crescimento da demanda por produtos mais novos, acarretando maiores quantidades de resíduos sólidos produzidos no mundo.

Desde a Rio-92 acontecem debates entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento sobre como promover o aprimoramento na gestão sustentável dos resíduos sólidos. Existe uma preocupação das nações em reduzir a formação de resíduos nas fontes geradoras (consumidores, indústrias) e implementar melhorias no gerenciamento sustentável (a coleta seletiva, a reciclagem, a reutilização, a compostagem e a disposição final adequada), a fim de minimizar os impactos danosos à natureza e à saúde da população (JACOBI; BESEN, 2011).

Os resíduos sólidos também são grandes influenciadores na questão da saúde, já que esclarecem muito a respeito da composição epidemiológica de uma determinada sociedade. Os rejeitos podem ser responsáveis pela transmissão de doenças, especialmente no lugar onde são

---

<sup>2</sup> Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (lei 11.445)

<sup>3</sup> É uma estratégia da indústria para “encurtar” o ciclo de vida dos produtos, visando a sua substituição por novos e, assim, fazendo girar a roda da sociedade de consumo (SILVA, 2012).

depositados. De certo modo, são nestes locais que os principais condutores de epidemias se acomodam para melhorar sua propagação (SIQUEIRA; MORAIS, 2009).

O objetivo deste estudo é verificar, por meio de uma regressão com dados em painel, as variáveis que influenciam a produção de lixo domiciliar nos municípios brasileiros, além disso, busca-se averiguar a existência da Curva de Kuznets para resíduos sólidos no período de 2011 a 2015. Os dados sobre a coleta domiciliar foram obtidos junto ao Ministério das Cidades (MCid), no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), o qual recolhe anualmente informações dos órgãos responsáveis pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos nos municípios brasileiros.

Este trabalho se encontra dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. A segunda seção aborda sobre as características e os principais fatores que impactam na geração dos resíduos sólidos, ainda consta a abordagem da Curva de Kuznets para resíduos. Na terceira parte é apresentada a base de dados e a metodologia de regressão de dados em painel, testando as variáveis de densidade populacional, *proxy* para turismo, entre outras. A quarta seção aponta os resultados encontrados neste artigo e a última parte é dedicada as considerações finais e sugestões para futuras pesquisas.

## 1.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Política Nacional de Resíduos Sólidos<sup>4</sup> (PNRS) definiu resíduos como um material descartado, o qual resulta das atividades dos indivíduos. Além disso, a PNRS define como rejeitos, aqueles resíduos sólidos que, após exauridas a viabilidade de tratamento e recuperação do material, serão necessariamente dispostos em lugares ambientalmente adequados. Esta política objetiva a proteção à saúde e a qualidade ambiental, como também o estímulo a padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços, entre outras metas.

Existe uma grande preocupação ambiental relacionada aos resíduos sólidos urbanos, especialmente nas grandes cidades dos países em desenvolvimento. Um dos motivos é o fato da sua geração estar normalmente ligada ao crescimento demográfico, que demanda mais bens e serviços. Quando os serviços não são realizados com qualidade (coleta e tratamento adequados, entre outros), incorrem em problemas na saúde e no meio ambiente (SANTOS; SILVA, 2009). Em muitos casos o boom do crescimento populacional superou a capacidade dos agentes públicos municipais de fornecer serviços básicos. O processo de urbanização impacta não apenas a geração de resíduos, mas também provoca falhas e/ou até mesmo a falta

---

<sup>4</sup> Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010.



de gerenciamento adequado no manejo dos rejeitos (SIMATELE; DLAMINI; KUBANZA, 2017).

Outro grave problema enfrentado pelos gestores é a destinação final dos resíduos. Estes, ao não serem depositados num espaço ambientalmente adequado, podem colaborar para propagação de patógenos<sup>5</sup>, os quais tem maiores chances de ocorrer em grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos, acarretando em morbidade hospitalar<sup>6</sup> e, até mesmo, causando a morte (MENDONÇA; SAIANI; KUWAHARA, 2015).

A respeito disso, existem riscos ligados aos profissionais que realizam atividades relacionadas ao lixo (catadores e garis) que muitas vezes não utilizam equipamentos de proteção (luvas, sapatos etc.) necessários para minimizar os riscos ligados à saúde no manuseio dos resíduos sólidos. Além destes, os indivíduos que trabalham na reciclagem também ficam expostos a espaços e materiais insalubres (GOUVEIA, 2012). Vale destacar que estes trabalhadores cumprem um papel social muito importante, pois evitam a acumulação de lixo, a geração de chorume<sup>7</sup> nas cidades e a poluição do ar, diminuindo os danos ao meio ambiente (SANTOS; SILVA, 2009).

A inexistência, ou até mesmo a desorganizada gestão de resíduos sólidos, gera reflexos negativos no que tange à saúde coletiva, já que o contato com estes materiais causa patologias infectocontagiosas como disenteria, cólera, leptospirose etc., assim como a degradação do meio ambiente, a contaminação do solo e a poluição das águas (CHAVES; SOUZA, 2013).

Diversos estudos objetivam identificar a quantidade de resíduos sólidos produzidos em diferentes localidades, bem como as variáveis que impactam sua geração, para assim possibilitar a criação de sistemas de gerenciamento eficientes e sustentáveis que fomentam a sua redução. Em vista disso é pertinente apresentar alguns diagnósticos encontrados em várias nações do mundo.

Em pesquisa realizada para o estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos, utilizou-se a produção de resíduos sólidos *per capita* como variável dependente e como variáveis independentes a população, a base econômica, a renda, o uso da terra e as rotas disponíveis de transporte. Dentre estas, a base econômica, como as vendas de varejo *per capita* e a taxa de cobrança pelo serviço de coleta de lixo, foram significativas para explicar a geração de resíduos

---

<sup>5</sup> Organismos responsáveis pela propagação de doenças.

<sup>6</sup> Variável que corresponde ao número de internações no SUS.

<sup>7</sup> Líquido de cor escura, geralmente com elevado potencial poluidor, proveniente da decomposição da parcela orgânica biodegradável existente nos resíduos sólidos e das águas pluviais que perpassam a massa dos mesmos, quando acumulados em depósitos de quaisquer categorias ou dispostos em aterros (controlados ou sanitários).

sólidos no estado. Esta análise enfatiza a importância relativa das características estruturais da gestão de resíduos, a sua geração e a sua disposição (HOCKETT; LOBER; PILGRIM, 1995).

Um estudo similar foi empreendido para Taiwan, com um modelo de regressão múltipla desenvolvido para quantificar a relação de vários fatores, sendo definidas como variáveis independentes a renda pessoal disponível, densidade populacional, número de pessoas idosas, nível educacional, além de utilizar uma *dummy* (0) para regiões urbanas e (1) para espaços rurais, tendo os resíduos sólidos *per capita* como variável dependente. Nesta pesquisa defende-se que maiores níveis de educação desempenham um papel crucial no comportamento mais sustentável em prol do meio ambiente. Os autores apontam que a renda explica apenas uma parte da variação, e que os aspectos sociais e geográficos contribuem ainda mais na geração de resíduos sólidos, por isso não podem ser ignorados no processo de formulação de políticas. Na realidade, muitos fatores influenciam a geração e reciclagem de resíduos, como crescimento econômico e demográfico, mudanças tecnológicas, dotações de recursos, estruturas institucionais e estilos de vida da população (CHEN, 2010).

Para análise da geração de resíduos sólidos na Nigéria, foi desenvolvido um modelo espacial com base em variáveis socioeconômicas, demográficas e climáticas. O modelo proposto explica 65% da variação total na variável dependente. Além disso, as estimativas para taxa de desemprego, emprego na agricultura, adultos alfabetizados acima de 15 anos, a despesa familiar média *per capita* em alimentos e itens não alimentares, e os produtos derivados do petróleo apresentam uma relação positiva para a criação de resíduos sólidos em todo o país. Considerando que apenas variável chuva apresentou uma relação positiva e negativa no norte e no sul do país, respectivamente (ISMAILA et al., 2015).

Silva, Barbieri e Monte-Mór (2010) buscaram determinar se as variáveis socioeconômicas (especificamente renda e educação) e as demográficas (domicílios e faixa etária) são relevantes na geração de resíduos sólidos em alguns bairros de Belo Horizonte, Minas Gerais. Foi possível observar que indivíduos acima de 60 anos, associado a renda e elevada escolaridade impactam na formação de lixo, pois tem seu consumo, muitas vezes, embasado na alimentação industrializada, resultando em uma maior proporção de resíduos sólidos recicláveis.

Em vista das pesquisas apresentadas é possível perceber que cada modelo busca encontrar diferentes variáveis independentes a fim de explicar a geração de resíduos sólidos, sendo que muitas vezes as características referentes à renda *per capita*, ao nível educacional, às taxas de cobrança pelo serviço de coleta, entre outras, conseguem validar o modelo testado.

Alguns estudos testaram a formação da CKA apresentada por Grossman e Krueger (1991) sugerindo uma relação não-linear entre poluição e a renda *per capita* no formato de U invertido. Os autores observaram que incrementos na renda geram maior degradação ambiental, entretanto em determinado nível de riqueza do indivíduo/país, a curva atinge seu ponto de máximo e tende a cair. Isso muitas vezes acontece, pois, ao desfrutar de maiores rendas as pessoas reduzem a emissão de poluentes, ocorrendo uma melhora na qualidade do meio ambiente. Além disso políticas orientadas para o cuidado ambiental possuem bastante importância para esse comportamento de inflexão da curva. Selden e Song (1994) observam que o acesso a maiores níveis de educação ambiental, bem como o conhecimento sobre os impactos que o crescimento traz ao meio ambiente são capazes de contribuir para uma Curva no formato de U invertido. Desde então, a ideia da Curva de Kuznets também pode ser replicada em diferentes tipos de poluentes: dióxido de carbono, nitrato, volume de tráfego de carros, bem como para resíduos sólidos (SELDEN; SONG, 1994; HILTON; LEVINSON, 1998; MAZZANTI; MONTILI; ZOBOLI, 2008; LI et. al 2012; ERCOLANO et. al, 2018).

No Japão, através da aplicação de regressão espacial, foi encontrada a CKA de resíduos sólidos para o ano de 2005. O volume de lixo foi determinado como variável dependente e as independentes foram: número de aposentados, número de aterros sanitários, número de pessoas que trabalham em cidades diferentes de sua residência (que a realizam a comutação diariamente). Diante disso, conseguiram encontrar uma relação em que maiores níveis de renda acarretam em menor geração de volume nos resíduos sólidos (ICHINOSE; YAMAMOTO; YOSHIDA, 2011).

Mazzanti, Montini, Zoboli, (2008) avaliaram a geração de resíduos sólidos municipais para um conjunto de 103 províncias da Itália no período de 2001 a 2006. Para isso é realizada uma regressão com dados em painel fazendo uma relação entre Valor Adicionado (VA) *per capita*, densidade populacional, uma variável que mede o nível de turismo e a taxa de coleta seletiva. São encontrados indícios de uma curva de Kuznets para resíduos sólidos, mostrando que em determinado patamar da renda, sua produção *per capita* tende a cair.

A Curva de Kuznets Ambiental de resíduos sólidos também foi testada para os municípios brasileiros para o intervalo de 2002 a 2012. Os autores analisaram a relação entre a renda da população e a disposição final dos resíduos sólidos, considerada por eles como indicador para qualidade ambiental. A metodologia aplicada neste estudo são os dados em painel desbalanceado para um total de 2.232 municípios. Os resultados apontaram para

existência da CKA para disposição final de resíduos sólidos no país (MOREL; TRIACA; SOUZA, 2016).

O estudo e análise sobre a Curva de Kuznets de resíduos sólidos permite verificar a relação entre o crescimento econômico e a qualidade ambiental. Além disso, é possível identificar em quais grupos da população são mais importantes o direcionamento de políticas para redução na produção de resíduos sólidos domésticos. O presente trabalho identifica o impacto de algumas variáveis, mencionadas na literatura exposta, na produção de resíduos sólidos. Foram utilizadas as variáveis de turismo, o PIB *per capita* municipal, a densidade populacional, a cobrança pela taxa de coleta e a coleta seletiva. A metodologia utilizada é explicada no capítulo a seguir.

### 1.3 METODOLOGIA

A base de dados utilizada neste trabalho foi obtida através do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2011 a 2015. Este sistema possui um conjunto de referências sobre os serviços prestados no manejo de resíduos sólidos no Brasil. Os dados do SNIS, entretanto, não estão completos para todos os anos, ou seja, alguns municípios não remeteram as informações ao Ministério das Cidades no período escolhido para análise. As informações sobre a temática ambiental, especialmente no que tange à gestão de resíduos sólidos, ainda são bastante incipientes no Brasil. O Produto Interno Bruto (PIB) é oriundo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a *proxy* para o turismo (emprego em hotéis e similares) foi extraída da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS).

Esta pesquisa tem como variável dependente a produção de resíduos sólidos domiciliares (RDO), entretanto no SNIS consta apenas a informação da quantidade coletada porta a porta nos domicílios brasileiros (*RDOsnis*), por isso houve a necessidade de calcular a produção de lixo usando a informação sobre a taxa de cobertura no município (percentual da população atendida pela coleta porta a porta), conforme a Equação 1.

$$RDO_{Per\ capita} = \frac{RDO_{SNIS}}{taxa\ de\ cobertura} \times \frac{I}{População} \quad (1)$$

Na Tabela 1 estão as estatísticas descritivas agrupadas para os anos de 2011 a 2015, com um total de 7.678 observações (variando entre 1.105 a 1.801 municípios por ano no período, conforme apêndice). A quantidade média produzida de resíduos sólidos domiciliares (variável dependente) é de 0,24 toneladas *per capita* por ano, sendo o município de Alcínópolis/MS o maior produtor *per capita* dentre os municípios do país, correspondendo um total de 1,98 tonelada. A média do PIB *per capita* no intervalo de 2011 a 2015 foi de 24.268,60 ao ano e por

hipótese possui uma relação positiva com a produção de lixo, podendo se desvincular em determinado patamar da renda.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas dos dados, 2011 - 2015

Variáveis	N	Mínimo	Máximo	Média	D.P.	Sinal Esperado
Resíduos sólidos domiciliares (ton. <i>per capita</i> )	7.678	0,0005	1,98	0,24	0,16	Variável Dependente
PIB <i>per capita</i>	7.678	3.711,62	391.534,11	24.428,60	20.091,40	Positivo
Densidade populacional (habitantes por km <sup>2</sup> )	7.675	0,21	13.082,43	145,38	667,39	Positivo
Empregados em hotéis e similares/População	7.678	0	0,4897	0,0012	0,0099	Positivo
<i>Dummy</i> coleta seletiva	7.678	0	1	0,43	0,49	Negativo
<i>Dummy</i> cobrança coleta RDO (se há cobrança de taxa de coleta)	7.678	0	1	0,51	0,5	Positivo

Fonte: Elaborado pela autora.

A taxa de empregados em hotéis e similares, usada como *proxy* para a variável turismo, apresenta uma média de 1,2 empregados para cada mil pessoas nos municípios pesquisados. Foram criadas duas *dummies* para coleta seletiva e para a taxa de coleta de resíduos domiciliares, sendo (1) quando o município cobra taxa pelo serviço de coleta domiciliar ou possui coleta seletiva, e (0) caso contrário. Para a variável coleta seletiva é esperado um sinal negativo, segundo o trabalho dos autores Mazzanti, Montini, Zoboli, (2008), políticas de gerenciamento no manejo do lixo tendem a diminuir a sua produção. Já para a cobrança de taxa de coleta os autores destacam que existe uma relação positiva com a produção de resíduos, pois pode existir endogeneidade dada a correlação positiva desta variável com a renda. O Apêndice mostra as estatísticas descritivas para cada um dos anos no intervalo pesquisado.

Na Tabela 2 são apresentados os percentuais do número de municípios de cada região tem pela cobrança dos serviços de coleta e a existência de coleta seletiva. O Sul e o Sudeste são as regiões que contêm o maior número de municípios que cobram a taxa pela coleta de resíduos dentro da amostra do SNIS. A região Sul do Brasil é responsável pelo maior número de observações dentro do intervalo observado, além de apresentar mais de 50% dos municípios ofertantes do serviço de coleta seletiva.

Tabela 2 - Percentual, por região, de observações com coleta seletiva e que cobram pelo serviço de coleta e o número de observações por região

	Coleta seletiva	Cobrança pelo serviço de coleta	N
Norte	15,69%	26,14%	153
Nordeste	13,57%	11,50%	774
Sudeste	31,32%	36,39%	1954
Sul	56,78%	70,22%	4181
Centro-Oeste	25,00%	22,24%	613

Fonte: elaborado pela autora.

Na presente análise foi implementada a regressão de dados em painel, também conhecida como dados combinados ou longitudinais, em que ocorre a combinação de uma mesma unidade em corte transversal e esta é pesquisada por um determinado período de tempo. Neste sentido, a regressão de dados em painel consegue agregar um maior número de informações para se compreender o fenômeno em análise, além de proporcionar uma melhor interpretação sobre a dinâmica do comportamento (WOOLDRIDGE, 2010). Esta metodologia considera variáveis individuais específicas, bem como permite o estudo de modelos mais complexos, enriquecendo a análise empírica.

A equação geral pode ser definida como:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + a_i + u_{it} \quad (2)$$

$y_{it}$  é a variável dependente do município  $i$  no período  $t$ ;  $\beta_0$  é o intercepto (constante);  $x_{it}$  são as variáveis independentes; os demais  $\beta$  são os parâmetros a serem estimados;  $a_i$  é o efeito fixo ao longo do tempo; e  $u_{it}$  é termo de erro idiossincrático (ou erro de variação temporal), sendo um vetor de erros do  $i$ -ésimo indivíduo no tempo  $t$ . O subscrito  $i$  representa a unidade observada,  $t$  o tempo de cada variável e  $(1 \dots k)$  o número das variáveis independentes.

No modelo de efeitos fixos os regressores são correlacionados com  $a_i$ , logo para estimar eficientemente os parâmetros se faz necessário excluir ou controlar os efeitos individuais ( $a_i$ ). Desta forma, é preciso realizar uma transformação no modelo, que pode ser dentro dos grupos (*within*) ou entre grupos (*between*). A transformação de efeitos fixos (*within*) é obtida em dois passos: tirando-se a média da equação anterior no tempo e subtraindo a segunda da primeira para cada período de tempo  $t$ :

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + a_i + u_{it} \quad (3)$$

$$\bar{y}_i = \beta_0 + \beta_1 \bar{x}_{i1} + \dots + \beta_k \bar{x}_{ik} + a_i + \bar{u}_i \quad (4)$$

$$y_{it} - \bar{y}_i = \beta_1 (x_{it1} - \bar{x}_{i1}) + \dots + \beta_k (x_{itk} - \bar{x}_{ik}) + u_{it} - \bar{u}_i \quad (5)$$

$$\ddot{y}_{it} = \beta_1 \ddot{x}_{it1} + \dots + \beta_k \ddot{x}_{itk} + \ddot{u}_{it} \quad (6)$$

A aplicação de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) agrupado nesta última equação (ou na penúltima) representa o estimador conhecido como *within*, por usar a variação do tempo dentro de cada unidade observacional. Outro estimador bastante utilizado é o *between*, que é obtido ao se aplicar MQO agrupado na segunda equação, que leva em consideração somente a variação entre as unidades observacionais. Uma forma alternativa de estimação de painel de efeitos fixos é introduzir variáveis *dummy* para cada observação para capturar características específicas dos lugares (efeitos individuais).

Diferentemente do modelo de efeitos fixos, o modelo de efeitos aleatórios pressupõe que o efeito não observado  $a_i$  não é correlacionado com as variáveis explicativas, independentemente de serem fixas ou não no tempo. Nesse caso, o efeito individual e o erro idiossincrático formam um termo de erro composto, que é correlacionado ao longo do tempo. O MQO não leva em consideração essa correlação, por isso utiliza-se como solução os Mínimos Quadrados Generalizados (MQG), em que o  $N$  deve ser maior e o  $T$  relativamente menor para o modelo ficar adequado. Para tanto, é calculado um estimador de efeitos aleatórios que varia entre zero e um, sendo que o modelo é de efeitos aleatórios quando está entre este intervalo, mas se aproxima de um MQO agrupado quando próximo de zero e de efeitos fixos quando próximo de um. Assim sendo, a equação do modelo de efeitos aleatórios deriva da Equação 7:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + a_i + u_{it} \quad (7)$$

$$v_{it} = a_i + u_{it} \quad (8)$$

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 x_{it1} + \dots + \beta_k x_{itk} + v_{it} \quad (9)$$

O modelo empírico é dado a partir da Equação 10:

$$RDO_{pc} = \beta_0 + \alpha + \beta_1 pib\_pcr + \beta_2 (pib\_pcr)^2 + \beta_3 (X) + \varepsilon \quad (10)$$

em que o  $RDO_{pc}$  é quantidade total de toneladas *per capita* de resíduos sólidos produzida;  $\beta_0$  definido como um intercepto;  $\beta_1$  é o parâmetro do PIB *per capita*;  $\beta_2$  é o parâmetro do PIB *per capita* elevado ao quadrado;  $X$  um vetor de variáveis explicativas;  $\varepsilon$  é o erro da regressão.

O *Turning Point* é o ponto mais alto da Curva de Kuznets, onde ela troca a sua inclinação. Como se trata de uma parábola com a concavidade virada para baixo, esse ponto pode ser calculado pela fórmula usada para encontrar o valor das coordenadas do vértice de uma equação do segundo grau no eixo das abscissas. Desta forma, utilizando os coeficientes apresentados na Equação 10, o *Turning Point* foi calculado da seguinte maneira:

$$Turning\ Point = \frac{-\beta_1}{2\beta_2} \quad (11)$$

Dessa maneira, para o *Turning Point* representar a Curva de Kuznets Ambiental é necessário que o  $\beta_2$  apresente sinal negativo, enquanto o  $\beta_1$  deve apresentar sinal positivo. No próximo capítulo serão apresentados os resultados encontrados nesse estudo.

#### 1.4 RESULTADOS

De maneira a entender o efeito de diferentes variáveis na produção de resíduos sólidos e evidenciar a curva de Kuznets ambiental, foram testados nove modelos diferentes. Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que o modelo de efeitos aleatórios foi preferencial ao *pooled* em todos os casos, pois o Teste BP (Breusch-Pagan) foi significativo. Já o Teste de Hausman não validou a hipótese de efeitos fixos para quase todos os modelos.

O modelo linear apresentou um coeficiente de  $5,58 \times 10^{-7}$  para o PIB *per capita*. Quando testado o modelo quadrático foi evidenciada a curva de Kuznets e o *Turning Point* (TP) resultou em torno de 198 mil reais. Foi então testado o modelo 3 com o PIB elevado ao cubo, com o intuito de verificar a hipótese da curva de Kuznets apresentar o formato de N. Nesse último caso o estimador do termo cúbico não foi significativo e teve valor zero.

O modelo 4 mostra o efeito positivo da densidade populacional na geração de resíduos sólidos. Cada habitante a mais por quilômetro quadrado resultou no aumento de aproximadamente 15 gramas de resíduos sólidos. Sendo assim, a densidade populacional não apresentou grande relevância para a produção de RDO, pois, por exemplo, o impacto entre a cidade com menor e maior densidade da amostra (Barcelos e Osasco, respectivamente) se difere em apenas 130 gramas de resíduos sólidos *per capita* produzidos em 2015. Nesse modelo o TP aumentou para um PIB *per capita* em torno de 202 mil reais.



Tabela 3 - Modelos testados

Variáveis	Modelos									
	1		2		3		4		5	
Const.	0,224	***	0,217	***	0,220	***	0,216	***	0,217	***
pib_pcr <sup>a</sup>	5,578	***	9,725	***	7,360	***	9,060	***	7,894	***
pib_pcr2 <sup>a</sup>			-2,456	***	-0,860	**	-2,241	**	-1,932	**
pib_pcr3					0,000					
Dens_pop <sup>a</sup>							1,469	***	1,468	***
Tx_emp_hot_sim									2,003	***
d_col_sel										
d_cob_serv										
Turning Point	-		197.996,03		-		202.088,35		204.321,34	
Log Veross.	3084,87		3090,68		3091,46		3101,63		3158,73	
Akaike	-6165,74		-6175,35		-6174,91		-6195,27		-6307,46	
Teste de BP	1212,26	***	1.207,89	***	1.207,40	***	1.193,19	***	1.138,48	***
Teste de Hausman	0,59		0,54		1,36		0,57		1,37	
Norm. resid.	5870,38	***	6.054,00	***	6.002,53	***	6.357,72	***	6.247,68	***
N	7678		7678		7678		7675		7675	

Nota: a tabela apresenta os coeficientes do modelo. O traço no Turning Point significa que ele não pode ser calculado, pois as especificações não são quadráticas. pib\_pcr = PIB *per capita* em valores de 2015; dens\_pop = densidade populacional; tx\_emp\_hot\_sim = taxa de empregos hotéis e similares; d\_col\_sel = dummy coleta seletiva; d\_cob\_serv = dummy se há cobrança pelo serviço de coleta.

\*p = 0,10. \*\*p = 0,05. \*\*\*p = 0,01.

<sup>a</sup> para facilitar a interpretação, o coeficiente de pib\_pcr foi multiplicado por 10<sup>7</sup>, o coeficiente de pib\_pcr2 foi multiplicado por 10<sup>12</sup> e o coeficiente de Dens\_pop foi multiplicado por 10<sup>5</sup>. Fonte: elaborado pela autora.

Variáveis	Modelos							
	6		7		8		9	
Const.	0,218	***	0,221	***	0,219	***	0,243	***
pib_pcr x 10-7	8,689	***	9,623	***	9,050	***	16,228	***
pib_pcr2 x 10-12	-2,168	**	-2,511	**	-2,348	**	-4,809	***
pib_pcr3								
Dens_pop x 10-5	1,524	***	1,526	***	1,479	***	1,165	***
Tx_emp_hot_sim	1,999	***	1,989	***	1,992	***	1,846	***
d_col_sel	-0,009	**	-0,008	*			0,002	
d_cob_serv			-0,010	**	-0,011	**	0,015	***
d_N							0,002	
d_SE							-0,053	***
d_S							-0,096	***
d_CO							-0,007	
Turning Point	200.427,87		191.594,56		192.706,57		168.724,64	
Log Veross.	3162,49		3171,08		3169,13		3335,04	
Akaike	-6312,99		-6328,15		-6326,27		-6648,08	
Teste de BP	1.140,25	***	1.120,42	***	1.117,43	***	958,71	***
Teste de Hausman	5,51		10,75	*	9,46	*	5,99	
Norm. resid.	6.094,26	***	5.984,32	***	6.101,82	***	5.113,40	***
N	7675		7675		7675		7675	

Nota: a tabela apresenta os coeficientes do modelo. O traço no Turning Point significa que ele não pode ser calculado, pois as especificações não são quadráticas. pib\_pcr = PIB *per capita* em valores de 2015; dens\_pop = densidade populacional; tx\_emp\_hot\_sim = taxa de empregos hotéis e similares; d\_col\_sel = dummy coleta seletiva; d\_cob\_serv = dummy se há cobrança pelo serviço de coleta.

\*p = 0,10. \*\*p = 0,05. \*\*\*p = 0,01.

<sup>a</sup> para facilitar a interpretação, o coeficiente de pib\_pcr foi multiplicado por 10<sup>7</sup>, o coeficiente de pib\_pcr2 foi multiplicado por 10<sup>12</sup> e o coeficiente de Dens\_pop foi multiplicado por 10<sup>5</sup>. Fonte: elaborado pela autora.

A introdução da *proxy* para o turismo – taxa de emprego em hotéis e similares – (modelo 5) também teve relação positiva com a produção de resíduos sólidos. Isso é devido ao aumento do fluxo de pessoas não residentes na cidade decorrente das atividades turísticas. A cidade goiana de Rio Quente é a que apresentou maior valor nessa variável, quase 50% das pessoas da cidade trabalham em atividades ligadas ao turismo, impactando em quase uma tonelada a mais por pessoa de lixo produzido a cada ano<sup>8</sup>. A inclusão dessa variável deslocou o TP para 204 mil reais *per capita*. O trabalho de Arbulú, Lozano, Rey-Maqueira (2015) observam que o turismo possui uma grande influência na produção de resíduos sólidos *per capita*.

Tanto a coleta seletiva quanto a cobrança pelo serviço de coleta de lixo tiveram relação negativa com a produção de resíduos sólidos por pessoa (modelo 6 e 7). Cidades com coleta seletiva geram em torno de 8 quilos a menos de lixo por habitante, enquanto a cobrança pela coleta indica uma diminuição de 10 quilos por pessoa a cada ano. Foi testada a exclusão da variável coleta seletiva, pois sua significância diminuiu no modelo 7, mas o critério de Akaike mostrou que o modelo 8 é menos informativo. O TP para o modelo com coleta seletiva e cobrança pelo serviço ficou em torno de 192 mil reais. Apenas 7 cidades da amostra apresentaram PIB suficientemente grande para estar à direita da curva de Kuznets em pelo menos um dos anos analisados.

O último modelo (9) incluiu *dummies* para verificar a diferença regional na produção de resíduos sólidos *per capita*. Somente as regiões Sudeste e Sul foram significativas no modelo, apresentando impacto negativo em relação a região omitida, Nordeste. Se a cidade pertencer à região Sul produz, relativamente ao nordeste, 96 quilos a menos de resíduos *per capita*, enquanto a região Sudeste produz 53 quilos a menos. As regiões Norte e Centro-Oeste não apresentaram significância, entretanto apresentaram coeficientes positivo e negativo, respectivamente.

A inclusão das regiões no modelo aumentou em módulo os coeficientes do PIB *per capita*, tornando a curva de Kuznets mais íngreme e mais estreita. O *Turning Point* baixou para cerca de 168 mil reais, deixando 10 cidades a direita da curva<sup>9</sup>. A coleta seletiva não foi significativa no modelo e, tanto essa variável quanto a cobrança pelo serviço de coleta passaram a ter sinal positivo. A maior parte da amostra (80%) se concentra nas regiões Sul e Sudeste, regiões com maior número de observações que possuem valor 1 nas duas variáveis, conforme

---

<sup>8</sup> A cidade de Rio Quente é a que mais recebe turistas em relação a população local no Brasil. A população local, nos anos pesquisados, não passa de 4000 pessoas e recebe 1,1 milhão de turistas ao ano. Fonte: [https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/turismo/2016/03/22/interna\\_turismo,523192/em-rio-quente-go-numero-de-turistas-e-304-vezes-maior-que-o-de-mora.shtml](https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/turismo/2016/03/22/interna_turismo,523192/em-rio-quente-go-numero-de-turistas-e-304-vezes-maior-que-o-de-mora.shtml) Acesso em 24 de novembro de 2018.

<sup>9</sup> Cinco cidades da região Sudeste, três da Sul e duas da Centro-Oeste.

a Tabela 2, e tiveram impacto negativo no coeficiente regional para a produção de resíduos. Para essas regiões as características locais são mais importantes para determinar a produção de resíduos *per capita* do que as políticas de coleta.

## 1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades modernas se deparam com uma enorme gama de problemas existentes, tais como a produção descontrolada, a gestão e a disposição final ambientalmente inadequada dos resíduos sólidos, sejam eles oriundos das atividades das indústrias, dos domicílios ou da área da saúde. Este tema está cada vez mais presente nas pesquisas acadêmicas, nos debates, conferências e agendas mundiais com o enfoque de mitigar os impactos negativos causados ao meio ambiente, a saúde e bem-estar dos indivíduos no planeta. A redução da geração de resíduos na fonte é um dos objetivos contidos na PNRS, por isso os trabalhos que se propõem elucidar sobre os possíveis determinantes dos resíduos e seus impactos são de extrema importância.

O presente trabalho teve como objetivo testar a hipótese da Curva de Kuznets Ambiental (CKA) e verificar possíveis variáveis, como a densidade populacional, o turismo, a cobrança pela taxa de coleta e a coleta seletiva, que influenciam a produção de resíduos sólidos domiciliares *per capita* no Brasil. A CKA foi estimada pela relação entre o PIB *per capita* com a quantidade total de resíduos sólidos domiciliares para o período de 2011 a 2015, contendo 7675 observações.

Foram testados nove modelos a fim de entender o efeito das diferentes variáveis na produção de RDO, assim como verificar a existência da Curva de Kuznets Ambiental, sendo o modelo de efeitos aleatórios o que melhor explica o modelo. Os resultados confirmam a existência de CKA para resíduos sólidos domiciliares *per capita* e o PIB dos municípios brasileiros. A curva de Kuznets resultou em um *Turning Point* (TP) em torno de 198 mil reais, já no modelo cúbico não foi significativo.

No que diz respeito aos determinantes da produção de resíduos, a variável da densidade populacional mostrou um efeito positivo para a geração de resíduos sólidos, porém com um efeito muito pequeno. A introdução da *proxy* para o turismo – taxa de emprego em hotéis e similares – também teve relação positiva com a produção de resíduos sólidos relacionado ao aumento do fluxo de pessoas não residentes na cidade decorrente das atividades turísticas. Tanto a coleta seletiva quanto a cobrança pelo serviço de coleta de resíduos tiveram relação negativa com a produção de resíduos sólidos por pessoa.

O último modelo (9) incluiu *dummies* para verificar a diferença regional na produção de resíduos sólidos *per capita*. Apenas as regiões Sudeste e Sul apresentaram significância nos resultados, sendo que a inclusão destas regiões no modelo aumentou em módulo os coeficientes do PIB *per capita*, tornando a curva de Kuznets mais íngreme e mais estreita. O *Turning Point* baixou para cerca de 168 mil reais, deixando 10 cidades à direita da curva. Outro ponto a ser destacado é que se o município pertencer à região Sul ele produzirá 96 quilos a menos que a região Nordeste. Caso o município pertença a região Sudeste terá uma redução na produção *per capita* de 56 quilos quando comparado a região Nordeste. As regiões Norte e Centro-Oeste não apresentaram significância, entretanto apresentaram coeficientes positivo e negativo, respectivamente.

Conforme os resultados encontrados neste estudo, a geração de resíduos sólidos domiciliares tende a diminuir quando cobrado a taxa pela coleta. Nesse sentido, se faz necessário uma cobrança proporcional à quantidade produzida de resíduos nos domicílios, visando a diminuição do volume produzido e do desperdício (JACOBI, 2012). Deve-se ter uma preocupação especial com os municípios que possuem atividades ligadas ao setor de turismo, os quais recebem uma enorme massa de população não-residente que impacta na produção de resíduos, necessitando uma atenção redobrada na gestão do lixo. Essa atividade poderia estar alinhada a um gerenciamento sustentável, encontrando soluções para reutilizar e minimizar os desperdícios gerados.

Algumas limitações são encontradas neste trabalho. Não foram utilizados o nível de escolaridade da população e se os municípios estão localizados no campo ou na cidade. Estas são algumas das importantes características que impactam na produção de resíduos conforme aponta a literatura, entretanto estas informações estão disponíveis a nível municipal apenas no Censo, o qual é disponibilizado a cada dez anos. Para a Curva de Kuznets, diferentes causas poderiam explicar o comportamento da curva, como a estrutura dos domicílios e a densidade de cada um deles, a atividade comercial dos municípios já que alguns dos grandes estabelecimentos comerciais e alimentícios não possuem um planejamento adequado para o descarte de resíduos. Além disso, não foi possível observar como são as políticas de gestão de cada município. Indicativos estes que poderiam melhorar a explicação da geração de resíduos sólidos no país.

Outra limitação encontrada na execução deste trabalho foi a falta de dados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, uma vez que diversos municípios não relatam anualmente as informações acerca do seu gerenciamento dos resíduos sólidos. O Rio Grande

do Sul é o estado que possui o maior número de observações entre municípios da amostra, acarretando na invalidação externa. Além disso, existe um grande problema no que se refere à quantidade coletada de resíduos domiciliares no país, pois nem todos os municípios possuem o sistema de pesagem para identificar o volume total de lixo gerado. Apesar das limitações verificadas neste trabalho cabe ressaltar que os resultados encontrados vão ao encontro do que a literatura aborda sobre este tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESEN, G. R.; JACOBI, P. R.; FREITAS, L. **Política Nacional de Resíduos Sólidos: implementação e monitoramento de resíduos urbanos**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://wp.bvrio.org/wp-content/uploads/2017/06/Politica-Nacional-de-Residuos-Solidos.pdf#page=11>>. Acesso em: 3 abril. 2018.

BRASIL. Lei n°. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)> Acesso em: 19 de mar. 2018.

BRASIL. Lei n°. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm)> Acesso em: 20 mar. 2018.

CARVALHO, T. S.; ALMEIDA, E. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, n. 3, p. 587-615, 2010.

CHAVES, I. R.; SOUZA, O. T. DE. A gestão dos resíduos sólidos no Rio Grande do Sul: uma estimação dos benefícios econômicos, sociais e ambientais. **Ensaio FEE**, v. 34, n. 0, p. 683–714, 26 dez. 2013.

CHEN, C. C. Spatial inequality in municipal solid waste disposal across regions in developing countries. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 447–456, 2010.

DANTAS, I. M.; JÚNIOR, W. A. F. Análise do Aterro Sanitário de Quirinópolis/GO segundo as leis ambientais. **Anais da Conferência Internacional de Estratégia em Gestão, Educação e Sistemas de Informação (CIEGESI)**, v. 1, n. 1, p. 124–143, 4 maio 2013.

ERCOLANO, Salvatore et al. Kuznets curve in municipal solid waste production: An empirical analysis based on municipal-level panel data from the Lombardy region (Italy). **Ecological Indicators**, v. 93, p. 397-403, 2018.

GOMES, E. R.; STEINBRUCK, M. A. Oportunidades e Dilemas do Tratamento dos Resíduos Sólidos no Brasil à Luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei N.12.305/2010). **Confluências**, v. 14, n. 1, p. 100 a 114, 16 dez. 2012.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n. 6, p. 1503–1510, 2012.

GROSSMAN, G. M.; KRUEGER, A. B. **Environmental impacts of a north american free trade agreement**. Cambridge, MA: 1991. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w3914.pdf>>. Acesso em: 6 out. 2017.

HILTON, FG Hank; LEVINSON, Arik. Factoring the environmental Kuznets curve: evidence from automotive lead emissions. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 35, n. 2, p. 126-141, 1998.

HOCKETT, D.; LOBER, D. J.; PILGRIM, K. Determinants of per capita municipal solid waste

generation in the southeastern United States. **Journal of Environmental Management**, v. 45, n. 3, p. 205–217, 1995.

ICHINOSE, D.; YAMAMOTO, M.; YOSHIDA, Y. The decoupling of affluence and waste discharge under spatial correlation: Do richer communities discharge more waste? **GRIPS Policy Research Center**, v. 20, n. 2, p. 1–28, 2011.

ISMAILA, A. B. et al. Modelling Municipal Solid Waste Generation Using Geographically Weighted Regression: A Case Study of Nigeria. **International Research Journal of Environment Sciences**, v. 4, n. 8, p. 98–108, 2015.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

KUZNETS, Simon. Economic growth and income inequality. **The American economic review**, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955.

LI, Yumin et al. **Solid Waste Disposal and Its Relationship with Economic Development in Rural China**. 2012.

MAZZANTI, M.; MONTINI, A.; ZOBOLI, R. Municipal waste generation and socioeconomic drivers: Evidence from comparing Northern and Southern Italy. **The Journal of Environment & Development**, v. 17, n. 1, p. 51-69, 2008.

MENDONÇA, R. S.; SAIANI, C. C. S.; KUWAHARA, M. Y. **Relação entre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos e a saúde nos municípios brasileiros e paulistas: desafios para as políticas públicas**. 43º Encontro Nacional de Economia. **Anais...Florianópolis: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC)**, 2015

MOREL, Blanca Lila Gamarra; TRIACA, Lívia Madeira; DE SOUZA, Osmar Tomaz. Desenvolvimento econômico e a disposição de resíduos sólidos no Brasil: um teste da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (CKA) para os municípios brasileiros. **Revista Espacios**| Vol. 37 (Nº 17), 2016.

RELATÓRIO de Brundtland, 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: dezembro 2017.

SANTOS, G. O.; SILVA, L. F. F. DA. ESTREITANDO NÓS ENTRE O LIXO E A SAÚDE – estudo de caso de garis e catadores da cidade de Fortaleza, Ceará. **REDE-Revista Eletrônica do Prodema**, p. 83–102, 2009.

SELDEN, Thomas M.; SONG, Daqing. Environmental quality and development: is there a Kuznets curve for air pollution emissions?. **Journal of Environmental Economics and management**, v. 27, n. 2, p. 147-162, 1994.

SIQUEIRA, Mônica Maria; MORAES, Maria Silvia de. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, p. 2115-2122, 2009.

SILVA, H.; BARBIERI A. F.; MONTE-MÓR, R. **Fatores Demográficos e Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares no Município de Belo Horizonte**. XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais. **Anais...2010** Disponível em:



<<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/viewFile/2367/2320>>. Acesso em: 16 nov. 2017

SILVA, M. B. O. DA. Obsolescência Programada E Teoria Do Decrescimento Versus Direito Ao Desenvolvimento E Ao Consumo (Sustentáveis). **Veredas do Direito**, p. 181–196, 2012.

SIMATELE, D. M.; DLAMINI, S.; KUBANZA, N. S. From informality to formality: Perspectives on the challenges of integrating solid waste management into the urban development and planning policy in Johannesburg, South Africa. **Habitat International**, v. 63, p. 122–130, maio 2017.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: Uma abordagem moderna**. Tradução José Antônio Ferreira. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

**APÊNDICE - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DOS DADOS DE 2011 – 2015**

<b>2011</b>						<b>2012</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>D.P.</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>D.P.</b>
rdo_pc1	1105	0,00050	1,41	0,23	0,16	1396	0,01041	1,98	0,23	0,15
pib_pcr	1105	4.290,40	391.534,11	24.899,17	22.249,91	1396	4.067,22	382.167,77	23.646,15	20.764,77
Dens_pop	1105	0,34	10.281,52	183,95	761,26	1396	0,21	10.807,56	155,94	704,76
Tx_emp_hot_sim	1105	0,0000	0,0352	0,0010	0,0024	1396	0,0000	0,0602	0,0011	0,0036
d_col_sel	1105	0,00	1,00	0,50	0,50	1396	0,00	1,00	0,44	0,50
d_cob_serv	1105	0,00	1,00	0,56	0,50	1396	0,00	1,00	0,51	0,50
<b>2013</b>						<b>2014</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>D.P.</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>D.P.</b>
rdo_pc1	1670	0,00124	1,46	0,24	0,16	1801	0,00068	1,42	0,24	0,16
pib_pcr	1670	3.711,62	390.790,84	24.788,90	20.973,63	1801	4.634,12	237.147,92	24.936,37	19.004,32
Dens_pop	1669	0,22	8.102,77	127,18	569,77	1800	0,39	13.082,43	139,83	694,64
Tx_emp_hot_sim	1670	0,0000	0,4656	0,0013	0,0118	1801	0,0000	0,4794	0,0013	0,0117
d_col_sel	1670	0,00	1,00	0,39	0,49	1801	0,00	1,00	0,41	0,49
d_cob_serv	1670	0,00	1,00	0,48	0,50	1801	0,00	1,00	0,49	0,50
<b>2015</b>						<b>2011 - 2015</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>D.P.</b>	<b>N</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>D.P.</b>
rdo_pc1	1706	0,00993	1,39	0,25	0,17	7678	0,00050	1,98	0,24	0,16
pib_pcr	1706	4.281,38	246.333,22	23.875,34	18.192,77	7678	3.711,62	391.534,11	24.428,60	20.091,40
Dens_pop	1705	0,22	10.697,48	135,43	628,57	7675	0,21	13.082,43	145,38	667,39
Tx_emp_hot_sim	1706	0,0000	0,4897	0,0013	0,0122	7678	0,0000	0,4897	0,0012	0,0099
d_col_sel	1706	0,00	1,00	0,42	0,49	7678	0,00	1,00	0,43	0,49
d_cob_serv	1706	0,00	1,00	0,53	0,50	7678	0,00	1,00	0,51	0,50

Fonte: elaborada pela autora.

## **POLÍTICA DE SANEAMENTO BÁSICO E A OCORRÊNCIA DE ENDEMIAS E EPIDEMIAS DE DOENÇAS: UMA ANÁLISE DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS USANDO MODELOS *PROBIT***

### **RESUMO**

O saneamento básico influencia a saúde da população, sendo que quando inadequado pode ocasionar uma série de doenças endêmicas e epidêmicas. Este trabalho tem como objetivo verificar o impacto da Política Municipal de Saneamento Básico na ocorrência de doenças relacionadas ao saneamento básico nos municípios brasileiros. A metodologia a ser aplicada é o modelo *probit* espacial, uma vez que estas patologias tendem a apresentar dependência espacial em sua ocorrência. Os dados utilizados são da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC), disponibilizada pelo IBGE para o ano de 2017. Os resultados dos modelos mostram que, quando se controla por regiões do Brasil, não é possível afirmar que a política tem efeito sobre a ocorrência de doenças nos municípios.

**Palavras-chave:** saneamento básico; doenças; *probit*.

### **ABSTRACT**

Basic sanitation influences the health of the population and when is inadequate can lead to a series of endemic and epidemic diseases. This study aims to verify the impact of the Municipal Basic Sanitation Policy on the occurrence of diseases related to basic sanitation in Brazilian municipalities. The methodology to be applied is the spatial *probit* model since these pathologies tend to present spatial dependence in their occurrence. The data used is from the Municipal Basic Information Survey (MUNIC), available on IBGE for 2017. The results show that, when controlled by Brazilian regions, is not possible to affirm the policy has an effect on the occurrence of diseases in municipalities.

**Keywords:** Basic sanitation; diseases; *probit*.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A preocupação com o saneamento e sua relação com a saúde humana está presente desde os povos mais antigos. Na Roma Antiga, por exemplo, existiam práticas sanitárias conjuntas como a criação de aquedutos e banhos públicos. Entretanto, a escassa comunicação entre as civilizações foi um impeditivo para que as boas práticas fossem compartilhadas, muitas vezes provocando uma ruptura na implementação do saneamento (CAVINATTO, 2004; GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007; VIEIRA, 2017). Ainda na Antiguidade, os locais eram sujos e tinham péssimos odores, tais condições do meio ambiente provocavam impactos danosos à saúde da população, gerando diversas epidemias. Foi a partir da Revolução Industrial que os problemas de saúde decorrentes das más práticas sanitárias se intensificaram. Foi necessária uma mudança de comportamento em relação aos hábitos de higiene para conter a propagação de epidemias, eliminação de fedores, entre outros (FREITAS, 2003; SIQUEIRA; MORAES, 2009).

No Brasil, na primeira metade do século XX aconteceram importantes avanços na área de saneamento implementadas pelo médico sanitarista e higienista Oswaldo Cruz. Este, frente a direção da saúde pública do governo federal, buscou erradicar o surto de doenças causadas por diferentes agentes patológicos. Nesse sentido, a cidade do Rio de Janeiro recebeu limpeza de ruas, praças, casarões e terrenos visando eliminar locais criadouros de roedores e insetos, principais transportadores de doenças infectocontagiosas. A ação obteve consequências positivas na redução de epidemias, porém não foi muito bem aceita pela população, pois os habitantes não compreendiam que os animais eram os principais agentes transmissores de doenças. Outro importante movimento dessa época foi liderado pelo engenheiro sanitarista Saturnino de Brito, que realizou várias obras de saneamento como sistemas distribuição de águas e coleta de esgoto em algumas capitais brasileiras em 1930 (RIBEIRO; ROOKE, 2010; VIEIRA, 2017).

Atualmente os avanços tecnológicos contribuíram na qualidade e disponibilidade dos serviços públicos no Brasil e no mundo, mas a falta de acesso ao saneamento e os problemas que dela derivam ainda são presentes em várias regiões. Conforme o relatório da *United Nations Children's Fund* (UNICEF) e *World Health Organization* (WHO) (2017) mais de 2 bilhões de indivíduos não são contemplados com água tratada em suas residências e cerca de 4,5 bilhões de pessoas no planeta ainda não possuem acesso ao saneamento considerado seguro. Esses números são mais alarmantes nos países localizados na África subsaariana e Oceania, sendo que os índices pioram nas zonas rurais. Segundo os dados da OMS a estimativa de mortes

ocasionadas pela água, saneamento e higienização inadequados alcançou um total de 870 mil pessoas e 32% dos óbitos foram de crianças menores de 5 anos.

Pensando em resolver essas e outras mazelas, no ano de 2015 a Organização das Nações Unidas (ONU) elaborou um documento intitulado “Transformando o Nosso Mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável<sup>10</sup>”, é um plano que contém 17 objetivos para desenvolver os países, buscando eliminar a pobreza e promover o desenvolvimento sustentável. O sexto objetivo deste programa é “assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos” (ONU, 2015, p. 15).

O Brasil ainda precisa ampliar o acesso aos serviços de saneamento para alcançar o objetivo estipulado pela ONU. Os dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) de 2015 (IBGE, 2016) apontaram que 85,4% das residências no país são atendidas pela rede geral de abastecimento de água em 2015, apresentando um crescimento de 1,5% em relação ao ano de 2014. O norte do país é a região que apresenta os menores índices no abastecimento de água com um total de 63,2% municípios atendidos em 2015. A coleta de esgoto sanitário, em 2014, atendia 63,5% dos domicílios no país, sendo que em 2015 mais 1,9 milhão de residências passaram a dispor deste serviço. A coleta de resíduos sólidos atendia cerca de 89,8% das unidades domiciliares no Brasil, sendo a região Sudeste que apresenta o maior nível de atendimento.

Ainda há um grande contingente populacional que não tem acesso aos serviços de saneamento básico. A oferta destes serviços se torna essencial para população brasileira, uma vez que tem resultados benéficos quando implementado e corrobora para o desenvolvimento econômico do país (SAIANI, 2007). Contudo, existem alguns entraves para ampliação e universalização dos investimentos nesta área: a falta de clareza nas políticas e inexistência de leis específicas. a insegurança institucional que circunda o setor atrapalha a formulação e criação de projetos de incentivos a novos investimentos. A complexidade referente ao modelo tarifário a ser adotado, por se tratar de um mercado de monopólio natural, dificulta a universalização de acesso, bem como ampliação do investimento em infraestrutura (CANDIDO, 2013).

O avanço no marco regulatório para o setor de saneamento no país é marcado pela promulgação da Lei nº 11.445/2007. Esta lei determina as diretrizes nacionais de saneamento básico e a política federal de saneamento básico, visando garantir que a prestação destes serviços cumpra os princípios fundamentais de universalização de acesso e de forma adequada

---

<sup>10</sup> <http://www.agenda2030.org.br/sobre/>.

buscando assegurar à saúde pública e à proteção do meio ambiente de qualidade. Ainda, define as características e especificações do saneamento básico como: a) abastecimento de água; b) coleta de esgoto sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; d) drenagem e manejo das águas pluviais do espaço urbano. Em seu Art. 9º estabelece que o titular dos serviços será o responsável por formular a respectiva Política Municipal de Saneamento Básico e o Plano Nacional de Saneamento Básico, a implementação de tais políticas, bem como as ações no setor de saneamento podem prevenir e controlar a ocorrência de doenças e proteger a saúde da população. Além disso, busca o controle social garantindo à sociedade o acesso a informação, representações técnicas e participação na formulação de políticas públicas, levando em consideração as peculiaridades locais e regionais (BRASIL, 2007).

Como já exposto, o saneamento básico é crucial para saúde pública da população, uma vez que pode prevenir os casos de endemia<sup>11</sup> e de epidemia<sup>12</sup> de doenças como diarreia, dengue, verminoses, Zika e Chikungunya, que possuem relação direta com as condições de saneamento básico inadequado ou inexistente, bastante recorrentes em alguns municípios do país. Hoje grande parcela da população vive em lugares em que as circunstâncias sanitárias são inadequadas, como nas encostas dos morros e as margens de rios, ficando vulneráveis a contrair doenças infectocontagiosas. Além disso, geram custos para saúde pública, colaborando para redução da produtividade do trabalho e ocasionando perdas na geração de riqueza para o país (MENDONÇA et al., 2003; MENEZES; UCHOA, 2011; NERI, 2008).

Diante de tais evidências a respeito da importância que o saneamento básico exerce sobre a saúde pública, este trabalho tem como objetivo verificar o impacto da Política Municipal de Saneamento Básico nas endemias e epidemias de doenças relacionadas ao saneamento básico nos municípios brasileiros. A metodologia a ser aplicada é o *probit* espacial, uma vez que as patologias apresentam um certo grau de correlação espacial em sua ocorrência e as variáveis dependentes são binárias. Para tal, são utilizados os dados da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC) disponibilizada pelo IBGE para o ano de 2017.

Este estudo está dividido em cinco seções, incluindo esta introdução. Na seção dois é feita uma revisão de literatura sobre a política de saneamento, as doenças relacionadas ao saneamento inadequado e sobre estudos relacionados ao tema. Na seção três é apresentada a metodologia e a base de dados. Na quarta seção apresenta-se a análise dos resultados. Finalmente, na quinta e última seção são apresentadas as considerações finais.

---

<sup>11</sup> Ocorrência de certo número de casos controlados em determinada região. (Ministério da Saúde)

<sup>12</sup> Aumento do número de casos de determinada doença, muito acima do esperado e não delimitado a uma região (Ministério da Saúde).

## 2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo das últimas décadas a questão do saneamento ambiental<sup>13</sup> ganhou espaço no debate das agendas mundiais de desenvolvimento sustentável, principalmente devido à preocupação com a normatização dos problemas e de suas soluções. Diversas conferências<sup>14</sup> abordaram sobre a importância de preservar os recursos naturais, garantindo o direito da humanidade e futuras gerações de viverem em um espaço com saúde e um ambiente de qualidade. De acordo com Heller (1998), a Organização Mundial de Saúde (OMS), foi responsável pela definição clássica de saneamento como: um mecanismo de controle do espaço físico em que o indivíduo está inserido, no qual exerce ou pode exercer influências negativas sobre o bem-estar físico, mental e social do ser humano. De outro modo, o saneamento pode ser considerado um conjunto de métodos que tem por finalidade melhorar a qualidade e bem-estar da vida das pessoas.

O acesso à água potável e ao esgotamento sanitário são alguns dos meios mais efetivos para melhorar a saúde pública e garantir a qualidade de vida da população. Nos países desenvolvidos, como o caso dos Estados Unidos e grande parte da Europa, onde a oferta de saneamento já está consolidada, são raros os casos de enfermidades ocasionados por problemas decorrentes da não higienização da água. Em média sociedades com maiores níveis econômicos apresentam melhores indicadores de saúde (WATSON, 2006). Por outro lado, os países em desenvolvimento apresentam um elevado déficit na prestação dos serviços sanitários, por isso são recorrentes os casos de doenças causadas por falta de acesso ao saneamento básico (MONTGOMERY; ELIMELECH, 2007).

O investimento em saneamento básico no Brasil é datado desde a década de 1950, acontecendo de maneira mais efetiva no intervalo de 1970 e 1980 (LEONETI; PRADO; OLIVEIRA, 2011). No intervalo entre 1964 a 1985, houve uma centralização administrativa das empresas que operavam no setor de saneamento básico, incorrendo na redução nos governos municipais atuarem e tornaram-se apenas condutores das políticas oriundas do governo federal. A verba deste setor começou a ser administrada pelo Banco Nacional de Habitação (BNH) por meio do Plano Nacional de Saneamento (Planasa) criado em 1971 pelo governo federal. O

---

<sup>13</sup> O conjunto de ações socioeconômicas que têm por objetivo alcançar níveis de salubridade ambiental, por meio do abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária do uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, com a finalidade de proteger e melhorar as condições de vida urbana e rural (funasa, 2010, p. 29). Segundo Moura, possui uma aplicação mais ampla.

<sup>14</sup> Conferência de Estocolmo (1973), Rio-92 (1992), Rio+10 (2002), Rio+20 (2012), Acordo de Paris (2015).

Planasa influenciava a geração de companhias estaduais, no formato de economias mistas, mas também que os municípios transferissem o direito de exploração aos Estados (NERI, 2008). O plano obteve êxito na ampliação do acesso aos serviços de saneamento, entretanto não conseguiu suprir as demandas decorrentes do processo de urbanização que acontecia no país naquela época (TUROLLA, 1999). A paralização na expansão do setor ocorreu devido a redução dos recursos financeiros por causa da crise de 1980 e o Planasa foi extinto em 1992, acarretando num problema institucional regulatório no setor. É válido destacar que após a extinção do Planasa, os governos municipais tiveram a possibilidade de recorrer aos recursos do FGTS, mesmo que em menor volume, lembrando que este financiamento só era permitido às companhias estaduais de saneamento (SCRIPTORE, 2010).

O setor de saneamento na Constituição Federal de 1988 passa a ser de responsabilidade dos municípios, mas também transfere algumas atribuições do setor a União e aos Estados, definindo de maneira ambígua onde especificamente cada ente federativo poderia atuar (SCRIPTORE, 2010). Na década de 1990 alguns programas federais foram adotados com intuito de reduzir a desigualdade de acesso à água de qualidade e de esgotamento sanitário, buscando garantir viabilidade econômica, além de modernizar o setor. Com a finalidade de alcançar tais objetivos em 1995 foi lançado o Programa de Modernização do Setor de Saneamento Básico (PMSS) sendo importante no aporte de inversões no sistema de saneamento. Em 1996 foi promulgada a Lei de Concessões nº 8.987 que facilitou a entrada do setor privado no setor, além da PL nº 4.147 que deu origem a criação da Agência Nacional de Água (ANA) em 2001 (TEIXEIRA; PINTO; MATTOS, 2011). A lei nº 8.080 sistematiza sobre o funcionamento dos serviços de saúde no Brasil, afirmando que o setor de saneamento básico é crucial para melhorias na saúde da população.

A sanção da lei da Política Nacional de Saneamento Básico<sup>15</sup> encerrou um extenso período de incertezas sobre o marco legal, iniciando uma nova etapa na gestão dos serviços públicos de saneamento básico no Brasil, uma vez que o planejamento passa a ter papel principal na direção dos projetos e ações públicas (BORJA, 2014). No artigo 52 desta mesma lei, fica definido que a União é responsável por implementar, sob a coordenação do Ministério das Cidades, o Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab), o qual deverá abranger todos os serviços de saneamento, cumprindo as diretrizes e metas trazidas na lei com um prazo de vinte anos. Com a promulgação da lei, os governos municipais passam a ter obrigatoriedade de elaborar a Política e o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Somente após esse

---

<sup>15</sup> Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.



plano que os municípios tiveram a possibilidade de receber verbas do governo federal para investimentos na área do saneamento (VENSON; RODRIGUES; CAMARA, 2017).

A Política Municipal de Saneamento Básico contém diversas informações sobre as definições, os princípios e os instrumentos para aplicação da lei. A política define sobre: o planejamento e a orientação da execução de todas as ações na prestação do serviço público; explica sobre as normas administrativas de regulação; a fiscalização; questões referentes ao controle social; a titularidade e o prestador dos serviços públicos de saneamento básico e as formas de subsídios; bem como a caracterização de cada serviço público que compõem o saneamento básico. Tendo como princípios fundamentais a universalização do acesso, a integralidade, a equidade, a regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade etc. E os instrumentos da Política Municipal de Saneamento serão executados por meio do Plano Municipal de Saneamento, pelo Controle Social, pelo Sistema de Gestão do Saneamento Básico (SMSB), pelo Fundo Municipal de Saneamento Básico (FMSB), através do Sistema Municipal de Saneamento Básico (FMSB), entre outros (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2014).

A Lei federal e as políticas municipais têm como princípios fundamentais a universalização e a prestação dos serviços de saneamento básico de forma adequada visando garantir saúde para a população, bem como um ambiente de qualidade. Para distinguir as doenças associadas ao saneamento, Cairncross e Feachem (1990; 1993) criaram uma classificação para patologias infectocontagiosas, que passou a ser utilizada pela Fundação de Nacional da Saúde (Funasa, 2004), nomeando-as de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). As DRSAI podem ter relação com o saneamento ambiental inadequado por abastecimento de água não tratada, esgotamento sanitário inadequado, contaminação pela presença de resíduos sólidos ou condições precárias de habitação e são divididas em cinco categorias:

- a) doenças de transmissão feco-oral (ingestão de água ou contato com a água): diarreia, febres entéricas, Hepatite A;
- b) doenças transmitidas por inseto vetor: Dengue, febre amarela, leishmanioses, filariose linfática, Malária, doença de chagas;
- c) doenças transmitidas através do contato com a água: esquistossomose, leptospirose;
- d) doenças relacionadas com a higiene: doenças dos olhos, tracoma, conjuntivites, doenças da pele, micoses superficiais; e
- e) Geo-helminthos e teníases: Helminthíases, teníases.

Os autores também sugerem uma classificação relacionada com a habitação dos indivíduos como a localização e as condições referentes a estrutura da moradia. Todos esses

fatores podem favorecer o contato, a promoção e a proliferação de vetores de enfermidades como ratos, insetos, além disso o número de moradores, a temperatura e a ventilação da habitação podem piorar as práticas sanitárias domésticas.

Como pode-se perceber, existem inúmeras doenças provocadas pela falta de saneamento básico apropriado, além do déficit na oferta e tratamento da água, outros elementos estão associados ao aparecimento destas patologias, como a ausência de esgotamento sanitário e o acondicionamento e destinação final dos resíduos sólidos. As melhorias nas condições do saneamento ambiental seriam capazes de diminuir a incidência de doenças em crianças e na população idosa, considerados grupos mais frágeis e suscetíveis a contrair esse tipo de enfermidade (CUTLER; MILLER, 2005; ESREY; HABICHT, 1986; SILVA; ESPERIDIÃO, 2017; SIQUEIRA et al., 2017). Diante da importância que o saneamento exerce sobre a saúde pública, ao longo das últimas décadas diversos estudos foram aplicados para diferentes países com intuito de identificar essa relação.

Esrey et al. (1991) fizeram a revisão de diversos estudos para avaliar o efeito das melhorias nas instalações de água tratada e esgotamento sanitário sobre a transmissão de diarreia, esquistossomose, tracoma, entre outros. Os resultados apontam que o aumento e melhoria na oferta de saneamento e o acesso à água para higiene seriam capazes de reduzir as ocorrências de internações para os casos de diarreia, ascaridíase, tracoma e esquistossomose. Já os índices de morbidade<sup>16</sup> e mortalidade infantil diminuíram com instalações adequadas de saneamento e oferta de água tratada. Os autores concluem também que melhoras no saneamento e na higiene pessoal têm maiores impactos do que a melhoria na qualidade da água para o controle de doenças relacionadas à doença diarreica.

Em estudo realizado para área rural da Índia, Jalan e Ravallion (2003) averiguaram que ter acesso à água encanada reduz o tempo de duração da diarreia em crianças menores de 5 anos, entretanto, esse impacto é reduzido em lares com mulheres menos instruídas. Quando avalia a diferença entre quem tem acesso à água encanada por torneira pública ou acesso dentro de casa, concluiu-se que o tempo de diarreia na criança é reduzido se o acesso à água é privado, porém o impacto será menor se a mulher responsável pela casa for analfabeta. Duflo et al. (2015) avaliaram o efeito de um programa na zona rural da Índia, em que integrava o acesso à água encanada e latrinas nos lares rurais. Esse aumento na oferta de saneamento gerou impactos positivos na diminuição de enfermidades de veiculação hídrica, cerca de 30 a 50%, nos casos

---

<sup>16</sup> Conforme Pereira (2007, p. 10): “é a variável característica das comunidades de seres vivos, refere-se ao conjunto dos indivíduos que adquirem doenças (ou determinadas doenças) num dado intervalo de tempo em uma determinada população. A morbidade mostra o comportamento das doenças e dos agravos à saúde na população”.

de diarreia e com menor efeito a malária. O custo anual deste programa foi de aproximadamente US\$ 60 por residência. Estudo sobre a relação de saneamento básico e indicadores epidemiológicos foram aplicados para 21 países da América Latina, por meio dos dados secundários da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), foi possível verificar que o crescimento na cobertura nos serviços de abastecimento de água e sistemas de esgotamento sanitário são capazes de reduzir os casos de diarreias, bem como a mortalidade infantil (TEIXEIRA; GOMES; SOUZA, 2012).

Nos países em desenvolvimento, as doenças causadas por problemas no saneamento básico, principalmente o contágio por veiculação hídrica é bastante recorrente na área da saúde pública. Venson, Rodrigues e Câmara (2017) realizaram uma pesquisa para os municípios baianos no período de 2006 a 2012, buscando identificar a evolução da distribuição espacial no acesso à água e coleta de esgoto, a fim de verificar as implicações da Lei de Saneamento Básico de 2007. Por meio do método de Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE) foi possível observar um atendimento muito concentrado em regiões mais populosas e com maiores níveis de renda *per capita*, diferentemente das áreas menos densas e mais pobres em que apresentavam carência no acesso aos serviços de saneamento.

O trabalho de Uhr, Schmechel e Uhr (2016) faz uma avaliação de como o atendimento do saneamento básico impacta a saúde da população brasileira, utilizando as internações hospitalares das doenças ocasionadas pelo consumo de água contaminada e o contato com a pele, além da coleta sanitária inadequada no período de 2000 a 2011. Os dados apontam que o crescimento no acesso ao saneamento reduz o número de casos de internações, sobretudo o acesso ao sistema de esgotamento sanitário.

O estudo de Teixeira et al. (2014) afirmou que no país o número de óbitos ocasionados pela oferta inadequada de saneamento resultou em mais de 13 mil no período de 2001 a 2009. No estudo de Paiva (2018) buscou-se fazer uma relação entre as condições de saneamento, atendimento das equipes de saúde da família e as variáveis socioeconômicas sobre as enfermidades causadas pela água não tratada no Brasil. Conforme os dados da PNAD de 2013 e do DATASUS foi possível estimar que cerca de 16,3% das internações causadas por veiculação hídrica, relativas às doenças selecionadas neste estudo, poderiam ser evitadas se as condições da rede coletora de esgoto fossem apropriadas. Isso geraria uma economia de mais R\$ 20 milhões de reais ao Estado brasileiro.

Mendonça e Motta (2007) buscaram estimar um modelo com dados em painel para o período de 1981-2001 (censo de 1980, 1991 e 2000), correlacionando os índices de saúde e saneamento básico no Brasil. Através desse método foi possível observar uma redução na

mortalidade infantil decorrente de doenças de veiculação hídrica, devido a melhora no acesso ao saneamento e também a expansão no acesso aos serviços de educação e saúde. Diante dos resultados, calcularam a média referente ao custo de salvar uma vida e constataram que o custo do investimento em saneamento básico se equivale aos gastos na área de saúde para salvar uma criança. Logo, os custos com a melhora na cobertura dos serviços de saneamento e a diminuição do analfabetismo são alternativas para diminuir a ocorrência de óbitos por veiculação hídrica, sendo o analfabetismo o meio mais barato.

Araújo et al. (2010) fazem uma análise dos serviços de saneamento básico nos municípios de Tocantins para o ano de 2006, no enfrentamento das enfermidades devido às condições precárias ou falta de serviços de saneamento básico, já que a eliminação de tais doenças é um dos objetivos centrais do Sistema Único de Saúde (SUS). Para isso, os autores analisaram um grande número de patologias, bem como a maneira que foram transmitidas, o total de internações hospitalares e a variável coleta de lixo, utilizando a metodologia da Análise Envoltória de Dados (DEA). Neste trabalho foi possível observar os benefícios com o acesso aos serviços de saneamento, realizando uma comparação e identificação dos municípios considerados eficientes e ineficientes no combate as epidemias.

Teixeira, Pinto e Mattos (2011) buscam avaliar para o período de 2001 a 2008, nos municípios brasileiros, se os índices de saneamento básico impactam no número de óbitos e internações hospitalares por intervalos de idade e tipos de patologias. Através da aplicação metodológica de dados em painel desbalanceado, os resultados apontaram que a diminuição na presença de coliformes totais impactaria na redução no número de mortes de crianças menores de 1 ano. Além disso, o aumento no abastecimento de água e diminuição nos coliformes totais reduzem o número de morbidades para os casos de disenteria, tuberculose e hepatite. O esgotamento sanitário reduz a mortalidade para crianças de até 4 anos e internações nas crianças de 5 a 9 anos.

Um estudo realizado para as cidades de São Paulo e no Brasil buscou-se compreender como a disposição final de resíduos sólidos urbanos ambientalmente apropriada nestas cidades impactam os índices de morbi-mortalidade. Para tanto, foram avaliadas três hipóteses: a presença de aterro sanitário, as condições destes aterros e os municípios que exportam os resíduos para outras cidades na qualidade da saúde da população. Usaram índices de saneamento como (acesso à coleta de lixo, à água, à coleta de esgoto) PIB *per capita*, população, densidade demográfica. As variáveis de empregos formais com ensino fundamental e empregados do setor terciário, gastos com educação, saúde, saneamento, habitação, além das despesas com previdência e assistência social, cobertura de imunização, número de leitos

participantes do SUS e número de leitos hospitalares não participantes do SUS. Para variáveis dependentes usaram os indicadores municipais como o total de internações e de mortalidade. Os resultados indicam que a disposição final correta do lixo urbano gera externalidades positivas na saúde da população (MENDONÇA; SAIANI; KUWAHARA, 2015).

Okawara (2018) verifica como as políticas de resíduos sólidos podem impactar no gerenciamento dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros e como essa gestão influencia os indicadores de saúde pública. O autor faz uma avaliação do impacto da Lei Nacional de Resíduos Sólidos<sup>17</sup> na produção de lixo e na presença de lixões para o intervalo de 2008 a 2015, buscando identificar a ocorrência de óbitos de crianças e morbidade devido às doenças ocasionadas pelos resíduos sólidos (diarreia, febre tifoide, malária, entre outras). Os resultados confirmam que os Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos não são suficientes para diminuir a produção de lixo e também o encerramento das atividades dos lixões (metas definidas na PNRS), entretanto as evidências apontaram que a efetuação de tais políticas municipais é importante para redução no número de casos de Leptospirose.

Em estudo realizado para o nordeste do país buscou-se identificar os pontos positivos e negativos dos serviços do saneamento básico no número de crianças e também no desenvolvimento econômico dos estados da região. Foram coletados dados do IPEADATA e do PNUD para 1991, 2000 e 2010 referentes ao fornecimento de água e coleta de esgoto e variáveis como PIB *per capita*, percentual da população com 18 anos ou mais com fundamental completo, Índice de Gini, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e despesas com saúde e saneamento, as quais correspondem a situação socioeconômica do território nordestino. De acordo com os resultados encontrados percebe-se que os serviços de saneamento são diretamente relacionados com a mortalidade infantil e com a problemática socioeconômica. Em áreas com indicadores inapropriados de saneamento são espaços que mais ocorrem óbitos de crianças. A melhora nos índices educacionais proporciona maior demanda aos serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto adequados, além da redução da desigualdade socioeconômica (SILVA; ESPERIDIÃO, 2017).

Também existem trabalhos que avaliam o impacto de políticas no acesso ao saneamento e seu retorno financeiro. Borja (2014) busca analisar o desempenho da atual política de saneamento básico no Brasil. Foi aplicado um estudo quali-quantitativo referente aos investimentos do governo central, para o intervalo de 2004 a 2009. Os resultados apontaram que as inversões federais em relação ao PIB para o setor aumentaram ao longo do período

---

<sup>17</sup> Lei n° 12.305, de 2 de agosto de 2010.

analisado, embora seja muito menor do que o exigido para alcançar a meta de universalização do acesso ao saneamento básico.

Conforme as pesquisas apresentadas, tanto a ampliação dos serviços de abastecimento de água, a coleta e tratamento de esgoto sanitário, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos quanto a drenagem e o manejo das águas pluviais do espaço urbano, colaboram para o desenvolvimento econômico do país e reduz os impactos ambientais. O acesso ao saneamento básico adequado também é efetivo na redução dos casos de mortalidade e morbidade, diminuindo os gastos em assistência médica e sanitária com as doenças. Na próxima seção são apresentadas a metodologia empregada para avaliar o efeito de diferentes variáveis na ocorrência de endemias e/ou epidemias de doenças associadas ao saneamento.

### 2.3 METODOLOGIA

Os dados são do Perfil dos Municípios Brasileiros (MUNIC), sendo uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que contém informações sobre habitação, transporte, meio ambiente, gestão de riscos, entre outros. Para este trabalho foi utilizada a base de dados da MUNIC de 2017, contendo respostas de todas as 5.570 prefeituras existentes no país.

No Brasil, em 1.935 municípios (34,7%) as prefeituras reportaram o conhecimento de endemias e/ou epidemias de doenças associadas à falta de saneamento básico. Observando-se a Figura 1 é possível perceber que existem algumas aglomerações espaciais entre as cidades em que foi manifestada a presença de epidemias ou endemias.

Figura 1 - Mapa das cidades brasileiras que apresentaram epidemias e/ou endemias associadas ao saneamento básico nos últimos 12 meses para o ano de 2017



Fonte: elaborado pela autora.

Foram, então, identificados os números de ocorrências de epidemias e/ou endemias e a correlação espacial existente para cada doença. A Tabela 4 apresenta esses dados e as correlações para as matrizes de pesos espaciais Queen<sup>18</sup> e de vizinhança para os  $k = 1, 2, 3$  e  $5$ . As epidemias ou endemias mais frequentes foram as de dengue (1.501) e diarreia (1.288). Ambas apresentaram alta correlação espacial para 1 vizinho mais próximo, 0,244 e 0,215 respectivamente. Outras doenças resultaram em um alto I de Moran para essa matriz, particularmente a Chikungunya (0,311), a malária (0,220), as verminoses (0,217) e a Zika (0,207).

<sup>18</sup> A matriz *Queen* é a mais utilizada na literatura para explicar a dependência espacial, uma vez que considera os municípios vizinhos todos aqueles que fazem fronteira com a unidade observada. As outras matrizes testadas utilizam apenas os vizinhos mais próximos.

Tabela 4 - Número de cidades que reportaram ter conhecimento de epidemias e endemias de doenças associadas ao saneamento básico

Doenças	Cidades com ocorrência	I de Moran				
		Queen	1 viz.	2 viz.	3 viz.	5 viz.
Todas	1.935	0,237	0,252	0,247	0,244	0,230
Diarreia	1.288	0,187	0,215	0,204	0,198	0,182
Leptospirose	250	0,078	0,068	0,069	0,068	0,059
Verminoses	960	0,184	0,217	0,206	0,194	0,182
Cólera	97	0,028	0,023	0,015	0,024	0,019
Difteria	163	0,033	0,071	0,047	0,036	0,023
Dengue	1.501	0,228	0,244	0,244	0,238	0,223
Zika	814	0,218	0,207	0,214	0,210	0,208
Chikungunya	958	0,305	0,311	0,315	0,307	0,269
Tifo	56	0,004	0,023	0,007	0,001	0,001
Malária	181	0,201	0,220	0,213	0,218	0,198
Hepatite	428	0,074	0,091	0,085	0,080	0,076
Febre amarela	161	0,105	0,107	0,084	0,090	0,086
Dermatite	431	0,094	0,146	0,126	0,112	0,094
Doença respiratória	650	0,126	0,151	0,141	0,145	0,128
Outras	191	0,077	0,096	0,093	0,091	0,074

Fonte: Elaborado pela autora.

Dados que apresentam alto I de Moran sugerem a utilização de modelos que levem em consideração a dependência espacial. As epidemias e endemias são fenômenos reconhecidamente regionais, modelos como o *Spatial Autoregressive Model* (SAR) são comumente utilizados para verificar a disseminação e riscos de doenças (LOPEZ; MANOGARAN, 2017; ROOD et al., 2017; TIPAYAMONGKHOLGUL, 2013). A especificação do modelo SAR é dada abaixo:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon \quad (12)$$

Segundo Câmara et, al (2002) o propósito deste modelo é inserir a autocorrelação espacial como item deste modelo. Em que  $W$  é a matriz de proximidade espacial e a multiplicação de  $WY$  mostra a dependência espacial em  $Y$ ,  $\rho$  é o coeficiente espacial autoregressivo e  $X$  é um vetor contendo as variáveis independentes. Quando não há autocorrelação espacial o  $\rho=0$ , ou seja, é igual a um modelo de regressão tradicional.

Por outro lado, a característica dicotômica das variáveis estudadas se adéqua a modelos de resposta binária, que se utilizam de funções de distribuição acumulada para restringir as previsões entre 0 e 1 (GUJARATI, 2006; WOOLDRIDGE, 2014). Usualmente é utilizada a função normal, em modelos *probit*, conforme as equações abaixo:



$$P(Y = 1|X) = F(\beta_0 + \beta X) \quad (13)$$

$$F(\beta_0 + \beta X) = \int_{-\infty}^{\beta_0 + \beta X} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-(\beta_0 + \beta X)^2/2} \quad (14)$$

em que  $Y$  é a variável binária estudada e  $F$  é a função de distribuição acumulada requerida, no caso a função normal,  $X$  é o vetor de variáveis explicativas,  $\beta_0$  é o intercepto e  $\beta$  os demais parâmetros estimados.

Em virtude da natureza dos dados optou-se pela utilização de modelos *SAR probit* para verificar o efeito das políticas de saneamento e demais variáveis nas endemias e epidemias de doenças reportadas pelas prefeituras. De maneira simplificada, o modelo pode ser descrito como (LESAGE; PACE, 2009):

$$Y^* = (I_n - \rho W)^{-1} (\beta X + \varepsilon) \quad (15)$$

em que  $X$  é o vetor de variáveis explicativas,  $\beta$  os parâmetros estimados,  $\rho$  é o coeficiente espacial autoregressivo e  $W$  a matriz de pesos espaciais. Nos casos de  $\rho = 0$  ou  $W = I_n$  o modelo se iguala a um *probit* convencional.  $Y$  é a variável dependente que tem valor 1 se a prefeitura da cidade reportou endemia e/ou epidemia de doenças ligadas ao saneamento nos últimos 12 meses, e valor 0 caso contrário.  $Y^*$  é uma variável latente, não observada, que assume os seguintes valores preditos  $Y_i$ :

$$\begin{aligned} Y_i &= 1 \text{ se } Y_i^* \geq 0 \\ Y_i &= 0 \text{ se } Y_i^* < 0 \end{aligned} \quad (16)$$

Para esse trabalho foi escolhida como variável dependente a ocorrência de endemia e/ou epidemia de doenças associadas ao Saneamento Básico no Brasil para o ano de 2017. Para os modelos *SAR probit* a serem estimados será utilizada a matriz de 1 vizinho mais próximo, que apresentou os maiores valores para as duas variáveis dependentes.

O Quadro 1 apresenta a descrição das variáveis utilizadas nesse estudo. Além da variável dependente, como explicativas serão utilizadas variáveis retiradas da MUNIC (2017), IBGE (2016; 2017) e FIRJAN (2016). Para a densidade populacional e o PIB *per capita* foi aplicado o logaritmo natural pois apresentam valores muito maiores que as variáveis dependentes binárias. Assim como para o PIB *per capita*, se utilizou a população estimada para os anos de 2016 para calcular a taxa de urbanização. Para a densidade populacional se utilizou a estimativa de 2017. Como *proxy* para a educação no município se utilizou o indicador municipal da FIRJAN para a educação, que utiliza, entre outros dados, o atendimento à educação infantil e o abandono, a distorção idade-série e o resultado no IDEB no Ensino Fundamental. Também fazem parte dos modelos a existência no município de favelas, cortiços

e loteamentos irregulares, de impactos ambientais em corpos d'água nos últimos 24 meses e alagamentos, enchentes ou enxurradas nos últimos 4 anos, bem como a variável objeto desse estudo, a existência da Política Municipal de Saneamento Básico.

Quadro 1 - Descrição das variáveis utilizadas nos modelos

Variáveis	Descrição
end_epi	A prefeitura tem conhecimento da ocorrência de endemia(s) ou epidemia(s) associada(s) ao saneamento básico, nos últimos 12 meses. MUNIC – 2017
lndens17	Logaritmo natural da densidade populacional (hab/km <sup>2</sup> ) - IBGE 2017
txurb16	Taxa de urbanização (Pop. Urbana/Pop. Total) - IBGE – 2016
lnpibpc16	Logaritmo natural do PIB <i>per capita</i> - IBGE 2016
ifdm16educ	Indicador de educação da FIRJAN - IFDMEduc – 2016
favelas	Existem no município favelas, cortiços e loteamentos irregulares. MUNIC – 2017
imp_polagua	Observação no município da ocorrência de algum impacto ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente nos últimos 24 meses - Poluição de algum corpo d'água. MUNIC – 2017
imp_assagua	Observação no município da ocorrência de algum impacto ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente nos últimos 24 meses - Assoreamento de algum corpo d'água. MUNIC – 2017
imp_dimagua	Observação no município da ocorrência de algum impacto ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente nos últimos 24 meses - Diminuição de vazão de algum corpo d'água. MUNIC – 2017
imp_esgoto	Observação no município da ocorrência de algum impacto ambiental e/ou processo/ação que resulte em impacto no ambiente nos últimos 24 meses - Falta de saneamento (destinação inadequada do esgoto doméstico). MUNIC – 2017
alagamento	O município foi atingido por alagamentos nos últimos 4 anos. MUNIC – 2017
enchente	O município foi atingido por enchentes ou inundações graduais nos últimos 4 anos. MUNIC – 2017
enxurrada	O município foi atingido por enxurradas ou inundações bruscas nos últimos 4 anos. MUNIC – 2017
pol_sanbas	Política Municipal de Saneamento Básico – existência. MUNIC – 2017

Fonte: elaborado pela autora.

A Tabela 5 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas neste estudo. É possível verificar que 34,7% dos municípios reportaram ter caso de endemias e/ou epidemias. Os municípios em média apresentam uma densidade populacional de 117 e o máximo de 13.715,6 habitantes por km<sup>2</sup>. A média do PIB *per capita* por ano corresponde a 21.126,2 reais ao ano. O índice da educação no país é de 0,769. Em relação a variável de ouvidoria, somente 31,4% dos municípios possuem um canal de comunicação entre a população e as prefeituras. A variável favelas corresponde ao município que possui loteamentos irregulares, cortiços e favelas, sendo importante destacar que 67,6% dos municípios tem alguma dessas irregularidades, comprovando que não existe uma estrutura urbana segura à população, estando exposta a riscos ambientais, de saúde, entre outros. A Política Municipal de Saneamento Básico foi adotada por apenas 38,2% dos municípios brasileiros, comprovando o atraso na efetivação e ampliação no acesso ao serviços de saneamento básico.

Tabela 5 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nos modelos

Variáveis	Média	D.P	Mín.	Máx.
end_epi	0,347	0,476	0,000	1,000
dens17	117,838	615,788	0,075	13.715,620
lndens17	3,270	1,435	-2,586	9,526
txurb16	0,638	0,220	0,042	1,000
pibpc16	21.126,180	20.332,650	3.190,570	314.637,700
lnpibpc16	9,697	0,683	8,068	12,659
ifdm16educ	0,769	0,114	0,383	1,000
ouvi_sanbas	0,314	0,464	0,000	1,000
Favelas	0,676	0,468	0,000	1,000
imp_polagua	0,153	0,360	0,000	1,000
imp_assagua	0,146	0,353	0,000	1,000
imp_dimagua	0,201	0,400	0,000	1,000
imp_esgoto	0,249	0,432	0,000	1,000
Alagamento	0,310	0,463	0,000	1,000
Enchente	0,272	0,445	0,000	1,000
Enxurrada	0,285	0,452	0,000	1,000
pol_sanbas	0,382	0,486	0,000	1,000

Fonte: elaborado pela autora.

Na próxima seção serão apresentados os quatro modelos espaciais e não espaciais estimados neste estudo, bem como a separação por grandes regiões do país, visando averiguar se a política municipal influencia a ocorrência de doenças ligadas às condições de saneamento nos municípios do país.

## 2.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Foram utilizados quatro modelos para estimar a influência da Política Municipal de Saneamento Básico na redução de endemias e epidemias. Os coeficientes e os testes dos modelos são apresentados na Tabela 6. Os modelos 1 e 2 são *probit* não espaciais, enquanto os de número 3 e 4 são *probit* que levam em consideração a dependência espacial. Nos modelos 2 e 4 foram incluídas *dummies* das 5 Grandes Regiões brasileiras, sendo a região do Centro-Oeste utilizada como referência nos modelos. Nesse capítulo serão discutidas as diferenças entre os modelos e os efeitos marginais do modelo escolhido.

Tabela 6 - Coeficientes e testes dos modelos *probit* não espaciais e espaciais

Varáveis	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4	
	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.	Coef.	Sig.
constante	3,471	***	0,106		2,931	***	0,171	
Indens17	0,009		-0,002		0,000		-0,007	
txurb16	0,427	***	0,149		0,390	***	0,152	
lnpibpc16	-0,286	***	-0,046		-0,248	***	-0,050	
ifdm16educ	-2,194	***	-0,794	***	-1,774	***	-0,675	***
ouvi_sanbas	0,238	***	0,188	***	0,228	***	0,184	***
Favelas	0,223	***	0,257	***	0,217	***	0,252	***
imp_polagua	0,087	*	0,084		0,091	*	0,083	
imp_assagua	0,072		0,085	*	0,081		0,096	*
imp_dimagua	0,161	***	0,102	**	0,138	***	0,094	**
imp_esgoto	0,142	***	0,136	***	0,140	***	0,135	***
alagamento	0,023		0,052		0,014		0,039	
Enchente	-0,016		0,073		-0,018		0,062	
enxurrada	-0,096	*	0,029		-0,080		0,025	
pol_sanbas	-0,106	***	0,003		-0,104	***	-0,003	
I(REGNAT)N			0,552	***			0,464	***
I(REGNAT)NO			0,379	***			0,309	***
I(REGNAT)SE			-0,076				-0,074	
I(REGNAT)S			-0,627	***			-0,528	***
Rho					0,220	***	0,170	***
AIC	6.663,1		6.436,0		-		-	
LogLik	-3.316,567		-3.198,978		-3.297,022		-3.195,223	
Pseudo-R2	0,078		0,111		-		-	
Hosmer and Lemeshov goodness of fit (GOF) test	46,197	***	12,818		42,049	***	15,354	*
Correctly classified	66,57%		68,90%		66,80%		68,76%	
Sensitivity	26,98%		41,40%		28,11%		41,81%	
Specificity	87,65%		83,55%		87,40%		83,11%	
Area under ROC curve	0,691		0,723		0,697		0,724	

Fonte: Elaborado pela autora. Obs: \*p = 0,10, \*\*p = 0,05, \*\*\*p = 0,01.

O logaritmo da densidade populacional e as variáveis que indicam se o município teve alagamentos e enchentes ou inundações nos últimos 4 anos não foram significativas em nenhum dos modelos. A *proxy* para o nível de educação se mostrou importante para diminuir as chances de endemias e epidemias de doenças associadas ao saneamento em todos modelos.

Ter ouvidoria municipal ou central de atendimento ao cidadão para recebimento de reclamações ou manifestações sobre os serviços de saneamento teve relação positiva com a variável dependente em todos modelos, bem como a existência de favelas, cortiços e loteamentos irregulares na cidade. A presença das regiões nos modelos 2 e 4 torna o efeito da Política Municipal de Saneamento Básico não significativa. Além disso, o coeficiente espacial autorregressivo foi significativa para os modelos *SAR probit* (3 e 4), o que indica que considerar dependência espacial é um fator importante para explicar a incidência de endemias e epidemias.

As estatísticas de teste dos modelos apontam o último modelo (*SAR probit* com as Grandes Regiões) como o mais bem ajustado. Possui o maior logaritmo da verossimilhança (-3.195,223) e segundo menor valor no teste Hosmer e Lemeshow (15,354), o que possibilita afirmar que se trata de um bom ajuste a 5%. Foi o segundo que mais teve classificações corretas, porém foi o que teve maior sensibilidade (acertos nos casos de cidades com endemia e epidemia), perdendo por pouco, em termos de especificidade (acertos nos casos de cidades sem endemia e epidemia) pelo Modelo 2. Entretanto a comparação desses dois últimos testes não permite identificar se o *trade-off* entre sensibilidade e especificidade faz o modelo ter um maior poder discriminatório (BRADLEY, 1997). Nesse caso, a área sob a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*), que leva em consideração as classificações corretas para 0 e 1, deve ter o maior valor possível. O Modelo 4 apresentou valor 0,724, sendo o que melhor discriminou entre todos os testados.

O impacto das variáveis explicativas na ocorrência de endemias e epidemias de doenças associadas ao saneamento básico pode ser verificado na Tabela 7. Os efeitos marginais diretos dizem respeito a média de efeitos de todas as observações na mudança de uma variável sobre uma única observação. Já os efeitos indiretos usam essa mesma média sobre a probabilidade de escolha das observações vizinhas. Os efeitos totais são a soma dos efeitos diretos e indiretos. Em outras palavras, seja  $Sr(W)$  uma matriz de vizinhança que captura os impactos de todas as observações, os efeitos totais seriam a soma de todas as colunas da matriz, os efeitos diretos seriam a diagonal e os efeitos indiretos a subtração dos efeitos totais pelos diretos (Wilhelm e Matos, 2015; Martinetti e Geniaux, 2016).

Os efeitos diretos foram, em média, responsáveis por 83,7% da explicação dos efeitos totais, enquanto coube aos efeitos indiretos explicar o restante (16,3%). Esses resultados afirmam a importância de se considerar os efeitos dos vizinhos quando detectada a autocorrelação espacial do objeto de estudo. Para os três efeitos marginais as variáveis significativas resultaram nas mesmas identificadas nos coeficientes do Modelo 4 da Tabela 6.

Tabela 7 - Efeitos marginais do Modelo SAR *probit* com as Grandes Regiões brasileiras

Variáveis	Diretos		Indiretos		Totais	
	Efeito Marg.	Sig.	Efeito Marg.	Sig.	Efeito Marg.	Sig.
lndens17	-0,002		0,000		-0,003	
txurb16	0,049		0,010		0,059	
lnpibpc16	-0,016		-0,003		-0,020	
ifdm16educ	-0,220	***	-0,043	***	-0,262	***
ouvi_sanbas	0,060	***	0,012	***	0,071	***
favelas	0,082	***	0,016	***	0,098	***
imp_polagua	0,027		0,005		0,032	
imp_assagua	0,031	*	0,006	*	0,038	*
imp_dimagua	0,031	**	0,006	**	0,036	**
imp_esgoto	0,044	***	0,009	***	0,052	***
alagamento	0,013		0,003		0,015	
enchente	0,020		0,004		0,024	
enxurrada	0,008		0,002		0,010	
pol_sanbas	-0,001		0,000		-0,001	
I(REGNAT)N	0,151	***	0,029	***	0,180	***
I(REGNAT)NO	0,101	***	0,020	***	0,120	***
I(REGNAT)SE	-0,024		-0,005		-0,029	
I(REGNAT)S	-0,172	***	-0,033	***	-0,205	***

Fonte: Elaborado pela autora. Obs: \*p = 0,10, \*\*p = 0,05, \*\*\*p = 0,01.

Esta Tabela contém explicações dos efeitos marginais oriunda do Modelo 4, apresentados na Tabela 6.

A densidade populacional não foi significativa em nenhum dos modelos anteriores e não apresentou efeito marginal no modelo analisado. É importante destacar que a concentração populacional favorece a transmissão de doenças pelo ar, que no caso das epidemias e endemias associadas ao saneamento apenas 650 cidades apresentaram casos, muito menos do que doenças transmitidas pelo contato com outros vetores, como a dengue e a diarreia. A taxa de urbanização e o PIB *per capita* perderam a significância com a inclusão das regiões, assim como a ocorrência de enxurradas. Possivelmente as características regionais incorporaram aspectos socioeconômicos e climáticos que impactam na ocorrência de doenças ligadas ao saneamento básico inadequado.

A existência da Política Municipal de Saneamento Básico no município também não teve efeito na presença das Grande Regiões. Entende-se que a inclusão dessas variáveis representa que as características regionais têm grande influência sobre a probabilidade de ter ou não endemias e epidemias, e a simples existência da política não supera as dificuldades regionais.

A *proxy* para educação teve efeito marginal total de -0,262, que indica que investimentos em educação reduzem as chances da aparição de focos de doenças associadas ao saneamento. É, portanto, um importante objeto de políticas públicas e, reconhecidamente, tem impactos em

infecções adquiridas por veiculação hídrica como verminoses e as transmitidas por mosquitos. A existência de ouvidoria para receber denúncias ou reclamações sobre o saneamento da cidade aumenta a probabilidade de endemia e epidemia em 7,1%. Entretanto, como já exposto, esse resultado pode estar associado ao maior número de denúncias nas cidades que possuem o serviço.

A existência de favelas, cortiços e loteamentos irregulares na cidade aumenta em 9,8% a chance de ocorrer patologias ligadas ao saneamento. A localização das moradias pode aumentar a incidência de doenças como malária e dengue, a estrutura das habitações pode influenciar na ocorrência de enfermidades feco-orais e provenientes da má higienização. Além disso, contribuem para a proliferação de diversos vetores de doenças infectocontagiosas, como ratos, insetos e animais domésticos.

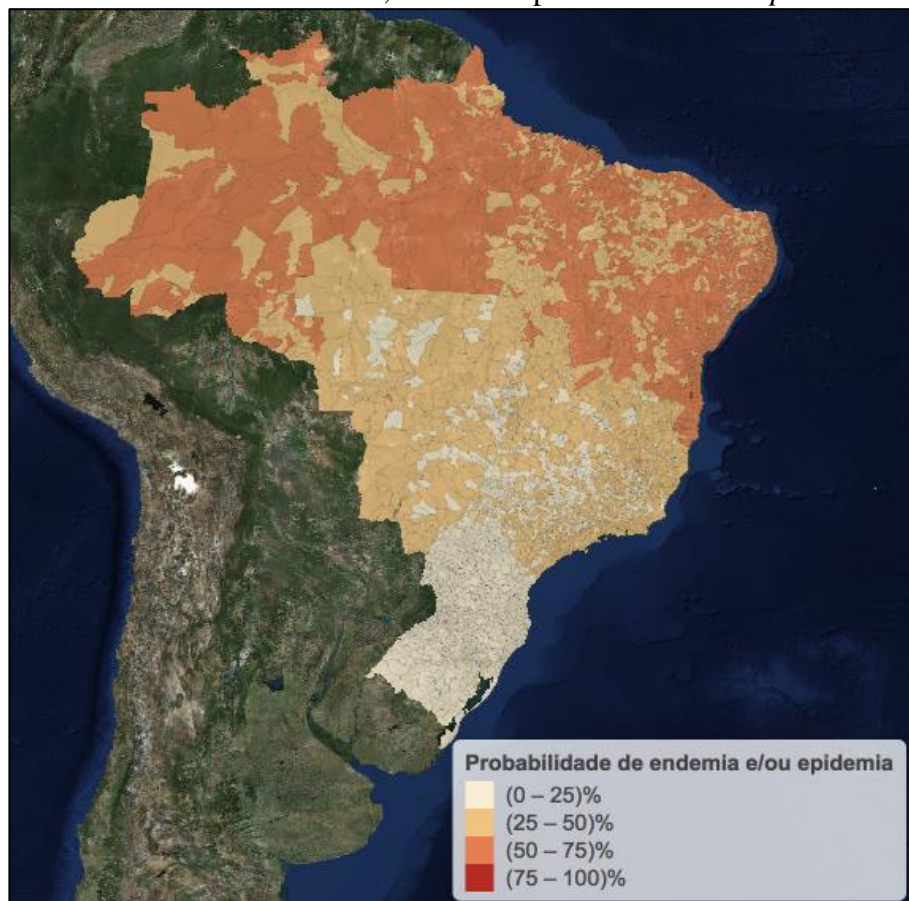
Dos quatro impactos ambientais observados nos últimos 24 meses que foram testados no modelo, três foram significativos. O assoreamento e a diminuição de vazão de algum corpo d'água aumentam as chances de endemias e epidemias em 3,8% e 3,6%, respectivamente. Já a destinação inadequada do esgoto aumenta a probabilidade de ocorrência em 5,23%. Sobre este último impacto cabe destacar que o esgotamento sanitário adequado é um dos principais instrumentos, relatados pelos trabalhos empíricos, para a diminuição da morbidade hospitalar e da mortalidade em várias regiões do país e do mundo.

Em relação a região Centro-Oeste, as cidades da região Nordeste têm 18,0% a mais de chance de reportar endemias e/ou epidemias, e as cidades da região Norte têm 12,0% a mais. A região Sudeste não foi estatisticamente diferente. Diferentemente, a região Sul tem 20,5% a menos de probabilidade de apresentar focos de doenças associadas ao saneamento, em relação a região Centro-Oeste. Os resultados mostram que os municípios de regiões mais ao centro da Zona Tropical têm maior chance de ocorrência de patologias ligadas ao saneamento, enquanto as mais próximas da Zona Temperada têm suas probabilidades reduzidas. As diferentes características dos ecossistemas podem ser entendidas como fatores epidemiológicos, uma vez que podem ser habitats naturais para patógenos, vetores ou hospedeiros, a ocupação humana desses locais pode levar a focos naturais de doenças. Além disso, as diferentes organizações dos espaços geográficos dessas regiões podem contribuir para o aumento ou diminuição das enfermidades relacionadas ao saneamento (SILVA, 1997).

Após a estimação do modelo foi possível calcular a probabilidade de cada município reportar a incidência de epidemia e/ou endemia de doenças associadas ao saneamento básico. O mapa da Figura 2 mostra que as regiões Norte e Nordeste foram as que apresentaram o maior número de cidades com mais de 50% de chance. As cidades das regiões Sudeste e Centro-Oeste

ficaram, na sua maioria, entre 25% e 50% de probabilidade e na região Sul todas as cidades ficaram 25% abaixo.

Figura 2 - Mapa das probabilidades de os municípios reportarem endemia e/ou epidemia de doenças associadas ao saneamento básico, estimadas pelo modelo SAR *probit* com regiões



Fonte: elaborado pela autora.

A única cidade que apresentou mais de 75% de probabilidade de apresentar foco de enfermidades relacionadas ao saneamento foi Camacan, localizada na Bahia. Em 2017 a cidade apresentou focos de dengue, Zika e Chikungunya, doenças causadas pelo mesmo vetor, o mosquito. O município constava, em 2018, na lista de risco de infestação do mosquito *Aedes aegypti*<sup>19</sup>.

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O saneamento básico se mostra um importante instrumento para o desenvolvimento econômico e na garantia da qualidade do meio ambiente, evitando a ocorrência de impactos ambientais, assim como na diminuição de incidências de doenças decorrentes das condições precárias do saneamento. Diante de tal relevância, foram elaboradas políticas federais e

<sup>19</sup> <http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/junho/07/Municipios-LIRAA-.pdf>



municipais visando a universalização do acesso ao abastecimento de água, de esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e de resíduos sólidos a fim de solucionar as mazelas enfrentadas pela sociedade.

O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito que a Política Municipal de Saneamento básico exerce sobre a ocorrência das endemias e epidemias de doenças associadas aos serviços de saneamento básico nos municípios brasileiros. Para isso, foram estimados quatro modelos *probit*, por se tratarem de variáveis binárias, sendo dois deles espaciais, com intuito de testar o efeito da correlação espacial entre os vizinhos na ocorrência de endemias e epidemias nos municípios do país.

Os resultados apontaram que ter a Política Municipal de Saneamento Básico não apresenta efeito na redução de ocorrência de epidemias. Possivelmente, além das condições inapropriadas de saneamento, possam existir fatores relacionados às questões culturais, climáticas, geográficas que não foram abordadas neste trabalho e foram assimiladas pela presença das variáveis das regiões. Outra suposição levantada é que apenas a existência da Política Municipal não tenha efeito, pois uma vez adotada seria necessário a implementação de aspectos específicos da política, tais como o Plano de Saneamento, o Conselho Municipal de Meio Ambiente, o fundo de Meio Ambiente, a legislação ambiental e os instrumentos de gestão.

A variável de educação, conforme explorado na literatura, reduz a incidência de surtos, pois quanto mais educadas as pessoas forem, melhores serão as boas práticas sanitárias, cuidados com a higiene e a contenção na proliferação de vetores. Ter acesso à ouvidoria ou à central de atendimento para reclamações e denúncias sobre saneamento básico aumenta os casos de epidemia e endemia nos municípios brasileiros, isso se deve ao fato de ser um canal de comunicação entre a comunidade e as prestadoras dos serviços de saneamento, o que aumenta o número de casos reportados. A existência de favelas, cortiços e loteamento irregulares impacta positivamente nos casos de endemia e epidemia nas cidades, vale ressaltar que a estrutura e condições habitacionais são propícias para a incidência de tais patologias. O impacto ambiental de assoreamento, diminuição de vazão de corpo d'água e a destinação inadequada do esgoto são fatores condicionantes na predominância de surtos, pois há muitas doenças relacionadas a estes problemas.

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se incorporar variáveis relacionadas às questões climáticas como a temperatura, a umidade do ar, o volume de precipitação de chuvas, entre outras. Também pode-se explorar a análise agrupando as doenças por agentes transmissores como insetos, roedores e os de veiculação hídrica. Outra sugestão seria avaliar as especificidades relacionadas ao plano municipal de saneamento básico: se este abrange o

abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza pública, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo de águas pluviais. Verificar se políticas com todos estes instrumentos têm mais efeitos que políticas que não possuem esse conjunto de instrumentos. Outra sugestão é confrontar os dados das epidemias e endemias da MUNIC, que são reportados pelas prefeituras, com o número de casos de morbidade hospitalar e de mortalidade do sistema de saúde do Brasil.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, A. F. V. et al. Avaliação da Eficiência dos Serviços de Saneamento Básico no Combate às Endemias nos Municípios do Estado do Tocantins. **Informe Gepec**, v. 14, p. 166–181, 2010.
- BRADLEY, Andrew P. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. **Pattern recognition**, v. 30, n. 7, p. 1145-1159, 1997.
- BORJA, P. C. Política pública de saneamento básico: Uma análise da recente experiência brasileira. **Saude e Sociedade**, v. 23, n. 2, p. 432–447, 2014.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, Brasília, DF, 2007.
- CÂMARA, G. et al. Análise de Dados de Área. In: **Análise Espacial de Dados Geográficos**, 2002.
- CANDIDO, J. L. Falhas de mercado e regulação no saneamento básico. **Revista eletrônica informe econômico**, Teresina, v. 1, n. 1, p. 85-89, 2013.
- CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. São Paulo: Ed. Moderna, 2004.
- CUTLER, David; MILLER, Grant. The role of public health improvements in health advances: the twentieth-century United States. **Demography**, v. 42, n. 1, p. 1-22, 2005.
- DUFLO, Esther et al. Toilets can work: Short and medium run health impacts of addressing complementarities and externalities in water and sanitation. **National Bureau of Economic Research**, n. 21521, 2015.
- ESREY, S. A.; HABICHT, J.-P. Epidemiologic evidence for health benefits from improved water and sanitation in developing countries. **Epidemiologic Reviews**, v. 8, p. 117–128, 1986.
- ESREY, Steven A. et al. 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, 1991.
- FREITAS, C. M. de. Problemas ambientais, saúde coletiva e ciências sociais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, p. 137-150, 2003.
- FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Política e plano municipal de saneamento básico: convênio Funasa/Assemae - Funasa**. Brasília: 2014.
- GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. Saneamento básico. S. l., 2007, 9 p. Apostila do Instituto de Tecnologia/Departamento de Engenharia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2018.
- GUJARATI, D. **Econometria Básica**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciência**

**& Saúde Coletiva**, p. 73–84, 1998.

JALAN, J.; RAVALLION, M. Does piped water reduce diarrhea for children in rural India? **Journal of Econometrics**, v. 112, p. 153–173, 2003.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. DO; OLIVEIRA, S. V. W. B. DE. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. **Revista de Administração Pública**, v. 45, n. 2, p. 331–348, 2011.

LESAGE, J.; PACE, R. K. **Introduction to Spatial Econometrics**. Boca Raton - Flórida: 2009.

LOPEZ, D.; MANOGARAN, G. **Parametric Model to Predict H1N1 Influenza in Vellore District, Tamil Nadu, India**. 1. ed. [s.l.] Elsevier B.V., 2017. v. 37

MENDONÇA, M. J. C. DE et al. **Demanda por Saneamento no Brasil: uma aplicação do modelo logit multinomial**. Anais do XXXI Encontro Nacional de Economia Associação Nacional dos Centros Acadêmicos de Pós-Graduação em Economia ANPEC. **Anais...2003**

MENDONÇA, M.; MOTTA, R. Saúde E Saneamento No Brasil. **Planejamento e Políticas Públicas**, v. 30, p. 15–30, 2007.

MENDONÇA, R. S.; SAIANI, C. C. S.; KUWAHARA, M. Y. **Relação entre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos e a saúde nos municípios brasileiros e paulistas: desafios para as políticas públicas**. 43º Encontro Nacional de Economia. **Anais...Florianópolis: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC), 2015**

MENEZES, T. A. DE; UCHOA, F. **Mortalidade infantil, saneamento básico e o impacto da saúde sobre o crescimento econômico brasileiro**. XXXIX Encontro Nacional de Economia. **Anais...Foz do Iguaçu: 2011**

MONTGOMERY, M. A.; ELIMELECH, M. Water and sanitation in developing countries: including health in the equation, **Environmental Science & Technology**, Easton, v. 41, n. 1, p. 17-24, 2007.

NERI, M. C. **Trata Brasil: saneamento, saúde e o bolso do consumidor** Centro de Políticas Sociais. Rio de Janeiro: 2008.

OKAWARA, J. M. **Avaliação de impacto da política de resíduos sólidos na saúde**. São Paulo: Fundação Getulio Vargas, 2018.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. Juiz de Fora 2010. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. Faculdade de Engenharia da UFJF. Curso de Especialização em Análise Ambiental, 2010.

ROOD, E. J. J. et al. Environmental risk of leptospirosis infections in the Netherlands: Spatial modelling of environmental risk factors of leptospirosis in the Netherlands. **PLoS ONE**, v. 12, n. 10, p. 1–11, 2017.

SAIANI, C. C. S. Restrições à expansão dos investimentos em saneamento básico no Brasil: déficit de acesso e desempenho dos prestadores. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SCRIPTORE, J. S. A parceria público-privada no saneamento básico brasileiro: uma proposta para o desenvolvimento do setor. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2010.

SILVA, L. J. DA. O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. **Cadernos**

**de Saúde Pública**, v. 13, p. 585–593, 1997.

SILVA, V. A.; ESPERIDIÃO, F.. Saneamento básico e seus impactos na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico da região Nordeste. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, 2017.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M. S. de. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 14, p. 2115-2122, 2009.

SIQUEIRA, M. S. et al. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, p. 795-806, 2017.

TEIXEIRA, J. C.; GOMES, M. H. R.; SOUZA, J. A. DE. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, n. 6, p. 419–425, 2012.

TEIXEIRA, J. C. et al. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 87–96, 2014.

TEIXEIRA, L. I.; PINTO, C.; MATTOS, E. **Evidências empíricas das políticas de saneamento básico sobre indicadores de saúde para municípios brasileiros**. 39º Encontro Nacional de Economia. **Anais...**Foz do Iguaçu: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia (ANPEC), 2011

VENSON, A. H.; RODRIGUES, K. C. T. T.; DA CÂMARA, M. R. G.. Evolução da distribuição espacial do acesso aos serviços de saneamento básico nos municípios do Estado da Bahia, nos anos de 2006 e 2012. **Ensaio FEE**, v. 38, n. 1, p. 107-134, 2017.

VIEIRA, G. B. Saúde pública e meio ambiente: uma correlação com o saneamento básico, 2017.

UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. D. A. P. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v. 7, n. 2, 2016.

WATSON, T. Public health investments and the infant mortality gap: Evidence from federal sanitation interventions on U.S. Indian reservations. **Journal of Public Economics**, 2006, v. 90, p.1537-1560.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria: Uma abordagem moderna**. Tradução José Antônio Ferreira. 4. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

WHO; UNICEF. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines**WHO Library. Gênova: [s.n.]. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/258617/1/9789241512893-eng.pdf%0Ahttp://www.wipo.int/amc/en/%0Ahttp://www.wipo.int/amc/en/>>.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho realizou uma análise sobre o tema de saneamento básico e a questão dos resíduos sólidos nos municípios brasileiros. Por intermédio de dois ensaios, teve o intuito de contribuir no debate e na literatura, principalmente relacionadas às leis federais que estabelecem as diretrizes sobre o tema, abrangendo questões referentes ao meio ambiente e a saúde pública.

No primeiro ensaio, foi testada a existência da Curva de Kuznets Ambiental e verificar determinantes que influenciam na geração de resíduos sólidos domiciliares no país. Foram aplicados 9 modelos com dados em painel de efeitos aleatórios para os anos de 2011 a 2015. Todos os modelos apresentaram significância comprovando a ocorrência da CKA para o período analisado. Ainda foi testada a curva com o PIB *per capita* elevado ao cubo, mas não apresentou significância.

Ainda no primeiro ensaio, foram analisadas que as variáveis de densidade populacional e de turismo impactam no aumento da quantidade de resíduos *per capita*, apresentando, portanto, um efeito contrário para coleta seletiva e a taxa de cobrança pelo serviço de coleta. Quando a análise é realizada por região percebe-se que o Sul e o Sudeste possuem municípios que produzem menos lixo quando comparado a região Nordeste.

O segundo ensaio teve como objetivo analisar o impacto que a Política Municipal de Saneamento Básico tem sobre a ocorrência de surtos de doenças, nos municípios do Brasil, relacionadas às condições precárias e até mesmo inexistentes dos serviços públicos que compõem o saneamento básico para o ano de 2017. Foram estimados quatro modelos *probit* não-espaciais e espaciais, buscando testar o efeito da dependência espacial entre os municípios limítrofes na incidência de tais doenças. Conforme os resultados encontrados, a adoção da Política Municipal de Saneamento Básico não mostra impacto na diminuição das doenças relacionadas ao sistema de saneamento básico inadequado. Provavelmente, não somente a estrutura do saneamento básico inadequado possa ocasionar doenças, mas também alguns fatores relacionados às adversidades culturais e até mesmo climáticas possam influenciar a existência de surtos de patologias. Outro ponto importante é que a política municipal traz as diretrizes e orientações acerca da prestação dos serviços, mas se tornam necessários outros instrumentos para a execução das metas estabelecidas na política, tais como o Plano Municipal de Saneamento que contém os projetos de execução, bem como a carência de conselhos que acompanhem a execução dos objetivos determinados na política municipal.

Mesmo a política não gerando impacto na diminuição das doenças, é possível observar que a educação é um excelente instrumento na redução de endemias e epidemias de acordo com a literatura. Já a estrutura habitacional, bem como a sua localização aumentam a possibilidade na ocorrência de focos de doenças. As questões ambientais também são responsáveis pela predominância de patologias associadas ao saneamento inadequado.