



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS, ADMINISTRATIVAS E CONTÁBEIS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA APLICADA  
MESTRADO EM ECONOMIA APLICADA

**POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: IMPACTOS SOBRE GERAÇÃO  
DE RESÍDUOS, COLETA DE RECICLÁVEIS, AMPLIAÇÃO E FREQUÊNCIA DOS  
SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA NAS REGIÕES BRASILEIRAS**

JOSÉ DIEGO DE SOUSA DIAS

RIO GRANDE – RS

2019

JOSÉ DIEGO DE SOUSA DIAS

**POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: IMPACTOS SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS, COLETA DE RECICLÁVEIS, AMPLIAÇÃO E FREQUÊNCIA DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA NAS REGIÕES BRASILEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da Universidade Federal de Rio Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada.

**Orientadora:** Patrícia Raggi Abdallah

**Coorientador:** Vinícius Halmenschlager

**Área de concentração:** Economia Social

RIO GRANDE – RS

2019

## TERMO DE APROVAÇÃO

JOSÉ DIEGO DE SOUSA DIAS

### POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS: IMPACTOS SOBRE GERAÇÃO DE RESÍDUOS, COLETA DE RECICLÁVEIS, AMPLIAÇÃO E FREQUÊNCIA DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA NAS REGIÕES BRASILEIRAS

Essa dissertação foi apresentada às 10 horas do dia 19 de fevereiro de 2019 como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (PPGE-Mar) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo citados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dra. Patrícia Raggi Abdallah  
PPGE-Mar – FURG

---

Prof. Dr. Gibran da Silva Teixeira  
PPGE-Mar – FURG

---

Prof. Dr. Julyerme Matheus Tonin  
PCE – UEM

## AGRADECIMENTOS

Esse trabalho é um esforço conjunto de todos que fizeram parte da minha vida. Do meu aprendizado, crescimento e amadurecimento. Agradeço, especialmente, à minha família, que sempre se mostrou presente, apoiando e cuidando em todos os momentos. Mãe, pai, irmãos, primos, tios e tias que estarão, estão e estiveram acompanhando meu desenvolvimento ao longo de todos esses anos. Que sacrificaram tempo e esforço (físico, emocional e financeiro) para que eu pudesse chegar onde me encontro hoje.

Agradeço também à Talita Araújo, amiga e companheira que me incentivou a enfrentar esse desafio, que aguentou meus choros e reclamações e me deu forças para continuar todas as vezes em que não me achei capaz – que não foram poucas. Ao Charles, amigo de longa data, e sua família que carinhosamente me acolheram em sua casa e me ajudaram durante os meses iniciais do mestrado. Além de todos os amigos que se fizeram presentes nessa caminhada e os colegas que fiz durante minha estadia no Sul.

Sou grato ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada da FURG, que sempre se mostrou disponível a ajudar no que fosse possível. Secretários, coordenadores e professores. Frequentemente abertos ao diálogo, presentes para sanar dúvidas e auxiliar com as burocracias por vezes necessárias. E aos “tios” e “tias” que fazem a manutenção da Universidade, trabalhando “nas sombras” para nos dar um ambiente de estudo sempre organizado e limpo.

Por fim, pelo apoio financeiro sem o qual esse trabalho não poderia ter sido realizado, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## RESUMO

A partir das conferências da ONU sobre clima e meio ambiente, temas como a disposição adequada de resíduos sólidos têm ganhado força em todo o globo. O capítulo 21 da Agenda 21 trata especificamente deste assunto. Em resposta a estas discussões, o Brasil sancionou em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei que institui metas e planos de redução, não geração e reutilização de resíduos sólidos no país. Usando o método de Diferenças em Diferenças, juntamente com o *Propensity Score Matching*, esse trabalho se propõe a avaliar os impactos desta norma nas cinco regiões brasileiras, abrangendo o período de 2008 até 2015. Para isso, utilizando os dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, escolheu-se um conjunto de variáveis que representam algumas das metas pretendidas pela PNRS, como: geração per capita de resíduos sólidos, quantidade de material reciclado coletado pelos municípios, total da população atendida por serviços de coleta e a frequência com que ela se dá. Os resultados encontrados indicam uma redução na massa de resíduos gerados pela região Nordeste e um aumento na taxa de materiais recicláveis recuperados em todo o país, principalmente para o Nordeste e Sudeste.

**Palavras-chave:** resíduos sólidos; diferenças em diferenças; política pública; política nacional dos resíduos sólidos

## ABSTRACT

Since the UN conferences on climate and environment changes, issues such as the proper disposal of solid waste has gained strength across the globe. Chapter 21 of Agenda 21 deals specifically with this subject. In response to these discussions, Brazil sanctioned in 2010 the National Policy on Solid Waste, a law that establishes goals and plans for the reduction, non-generation and reuse of solid waste in the country. Using the Differences in Differences method, together with the Propensity Score Matching, this paper proposes to evaluate the impacts of this norm in the five Brazilian regions, covering the years 2008 to 2015. To do so, using the data from the National Sanitation Information System, we chose objective variables that represent some of the goals sought by PNRS, such as: per capita generation of solid waste, quantity of recycled material collected by municipalities, total population served for collection services and the frequency with which it is. The results indicate a reduction in the mass of waste generated by the Northeast region and an increase in the rate of recyclable materials recovered throughout the country, mainly to the Northeast and Southeast.

**Key-words:** solid waste; difference in difference; public policy; national solid waste policy

## LISTA DE SIGLAS

PNRS	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PMGIRS	Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
RSU	Resíduo Sólido Urbano
ONU	Organização das Nações Unidas
RM	Resíduos Municipais
PNMC	Plano Nacional de Mudanças do Clima
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PPCS	Plano de Ação para a Produção e Consumo Sustentáveis
Sisnama	Sistema Nacional do Meio Ambiente
Ibama	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
PMSGIRS	Plano Municipal Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
FINBRA	Finanças do Brasil
RDO	Resíduo Doméstico
RPU	Resíduo Público
MMA	Ministério do Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DD	Diferenças em Diferenças
PSM	<i>Propensity Score Matching</i>
RSU	Resíduo Sólido Urbano

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Geração per capita de resíduos sólidos por região .....	14
Tabela 2 - Quantidade de municípios listados no SNIS a cada ano (porcentagem relativa a cada região).....	22
Tabela 3 - Indicadores utilizados para avaliar a PNRS .....	23
Tabela 4 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas (Brasil).....	24
Tabela 5 - Impacto da PNRS para todos os municípios brasileiros.....	29
Tabela 6 - Impacto da PNRS nos municípios da região Nordeste do Brasil .....	30
Tabela 7 - Impacto da PNRS nos municípios da região Sudeste do Brasil .....	31
Tabela 8 - Impacto da PNRS nos municípios da região Sul do Brasil .....	31
Tabela 9 - Impacto da PNRS nos municípios da região Norte do Brasil .....	32
Tabela 10 - Impacto da PNRS nos municípios da região Centro-oeste do Brasil.....	33

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	10
2.1 Da disposição.....	11
2.1 Do volume gerado.....	12
3 ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE POLÍTICAS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS .....	14
4 A POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	16
5 ESTRATÉGIA EMPIRICA .....	20
5.1 Base de dados.....	21
5.2 Diferenças em diferenças.....	24
5.3 Propensity Score Matching.....	27
5.4 Dupla Diferença com <i>Matching</i> .....	27
5.5 Análise de robustez.....	28
6 RESULTADOS .....	28
7 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS .....	35
APÊNDICES .....	37
Apêndice A: estatísticas descritivas por região do brasil.....	37
Apêndice B: lista de tabelas contendo os coeficientes do efeito placebo para 1 ano antes do PMGIRS.....	39

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil os temas que tangem às preocupações com o meio ambiente e os resíduos sólidos ganharam força após a implementação da lei de número 6.938, de 1981, a qual instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (GOLLO *et al.*, 2014). Desde então vêm-se falando cada vez mais sobre a importância de se combater a degradação ambiental e debater temas que relacionam meio ambiente, saneamento básico e saúde. Alguns marcos foram importantes nesse processo, dentre eles, destaca-se a criação da Política Nacional dos Resíduos Sólido (PNRS).

Essa lei propõe medidas de gestão e gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos sólidos, através de ideais como: logística reversa, integração de catadores, reciclagem, capacitação técnica e redução de dejetos. E entre suas atribuições está a criação do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS), cuja elaboração é essencial e obrigatória para que os municípios e o Distrito Federal tenham acesso a recursos da União destinados a ações e programas que envolvam limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Assim, visto que estão sendo utilizados recursos públicos como incentivo às prefeituras que se adequem às normas, além do fato de que a má disposição dos resíduos sólidos pode trazer consequências não só ambientais, mas à saúde da população, gerando custos com a manutenção desses ambientes e com o tratamento dos enfermos. Faz-se necessário estudos que avaliem a eficácia da política, afim de se fiscalizar a efetiva aplicação desses subsídios, bem como o real impacto desse investimento no desenvolvimento dos municípios.

Na literatura, destacam-se dois trabalhos que avaliam, de forma empírica, a efetividade dessa política: Okawara (2018) e Cetrulo *et al.* (2018). O primeiro, utiliza uma análise com dados em painel, de efeitos fixos, para avaliar o efeito da PNRS tanto no que diz respeito à geração de resíduos, quanto a suas implicações sobre a saúde da população. O segundo, faz uso de estatísticas descritivas para avaliar os impactos da implementação da norma sobre cada região do país. Ao utilizar o método de Diferenças em Diferenças, juntamente com o *Propensity Score Matching*, o documento aqui exposto traz um novo olhar metodológico sobre a temática. Faz isso, a partir, também, de análises regionais, pois, tendo em vista que cada zona brasileira apresenta características sociais, ambientais e econômicas distintas, observar somente o efeito médio pode não refletir as especificidades de cada uma delas.

Dessa forma, este trabalho objetiva avançar nos estudos acerca da eficácia da lei de número 12.305/10. Para isso, utiliza-se de *proxies* para representar os objetivos desejáveis a serem alcançados com sua implementação, cujos dados foram retirados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, observados entre os anos de 2008 e 2015. Pretende-se,

assim, analisar em que medida o Plano Nacional de Resíduos Sólidos impactou os municípios e regiões que já implementaram a medida, no que diz respeito, especificamente, a: (i) quantidade total de resíduos sólidos coletados; (ii) percentual da população atendida com serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos; (iii) frequência com que a população é atendida pelos serviços de coleta e; (iv) quantidade de material reciclável recuperado.

Quanto aos resultados, foi identificado uma redução de 37,8% na geração de resíduos sólidos dos municípios da região Nordeste que já concluíram a elaboração de seus planos, em relação aos que não o fizeram ainda. E um incremento de 40,2% na massa de material reciclado coletado pela média das regiões nacionais (embora não haja dados suficientes para avaliar as regiões Norte e Centro-oeste, quando usado o método de pareamento por características observáveis), com 55,3% de aumento para o Sudeste do país.

É na tentativa de elucubrar esta discussão que este trabalho está disposto da forma que se segue. Onde, além desta introdução, encontra-se uma breve discussão sobre os resíduos sólidos urbanos (capítulo 2), o levantamento de alguns estudos empíricos sobre o assunto (capítulo 3), a descrição da Política Nacional de Resíduos sólidos, com suas metas e objetivos (capítulo 4), a metodologia empregada (capítulo 6), uma discussão acerca dos resultados encontrados (capítulo 6) e as considerações finais (capítulo 7).

## **2 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

Ao longo dos séculos, os seres humanos vêm constantemente inovando, modificando-se e buscando novos meios que possibilitem melhorias em sua qualidade de vida. A revolução industrial proporcionou um enorme avanço nesse sentido. Com o advento de novas tecnologias e processos de produção, passou-se a produzir em maior quantidade e velocidade para atender a uma crescente demanda por bens de consumo de uma população urbana que só aumentava, principalmente após os eventos da II Guerra Mundial (SOARES; SALGUERIO; GAZINEU, 2007).

Embora esse crescimento tenha trazido benefícios ao desenvolvimento social, a intensificação do consumo e o crescimento populacional também trazem consigo outros problemas a serem discutidos e repensados, como é o caso da poluição da água e do ar, da invasão ribeirinha e da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e sua disposição no meio ambiente. Este último tem sido um dos maiores desafios enfrentados pelos governos dos municípios, uma vez que mesmo um pequeno aumento na renda gera grandes mudanças nos

padrões de consumo, resultando em variação não só no volume, mas também no tipo de resíduos gerados pela população (TROSCHINETZ; MIHELICIC, 2009).

Dessa forma, diversos órgãos internacionais passaram a empregar esforços na busca por soluções ambientalmente adequadas de se dispor os resíduos sólidos no meio ambiente. A Organização das Nações Unidas (ONU), por exemplo, passou a discutir o tema durante seus fóruns e conferências de discussão, tais como a Conferência Internacional para o meio Ambiente Humano (Estocolmo/72), a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio/92) e a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20).

Vale mencionar que durante esses encontros foi criado um documento que serviria de referência para que os tomadores de decisões organizem, planejem e executem ações voltadas ao uso adequado dos recursos do planeta, a chamada Agenda 21. E que, entre as laudas desse manuscrito, há um capítulo (capítulo 21) que trata especificamente da adequação dos resíduos sólidos no meio ambiente. Onde, segundo esse, o manejo ambientalmente adequado dos resíduos sólidos deve ir além do depósito ou aproveitamento daquilo que é gerado, mas, mais do que isso, ele deve buscar resolver o problema, agindo direto na causa fundamental do mesmo. A agenda define ainda, no item 21.5, quatro ações a serem empregadas (as quais serviram de base para a elaboração da lei brasileira de 2010) para construir uma estrutura ambientalmente saudável de manejo de resíduos sólidos municipais : (a) redução ao mínimo dos resíduos; (b) aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos; (c) promoção do depósito e tratamento ambientalmente saudáveis dos resíduos e; (d) ampliação dos serviços que se ocupam dos resíduos<sup>1</sup>.

## **2.1 Da disposição**

O lixo (como é comumente chamado), quando disposto no meio ambiente de forma inadequada é capaz de gerar diversos problemas à sociedade e à economia. Na literatura diversos trabalhos tratam das relações entre estes temas, os principais referem-se a assuntos como: contaminação do solo e de lençóis freáticos; vetor de transmissão de doenças e; aumento nos gastos com saúde, preservação e manutenção de áreas afetadas (DUARTE; MACHADO, 2015; MOUSTAKAS et al., 1994; SHAYLER; MCBRIDE; HARRISON, 2009; SMITH; HOPMANS; COOK, 1996).

---

<sup>1</sup> Governo do Brasil, Ministério do Meio Ambiente. Link < <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/item/681>>. Acesso em 01 de janeiro de 2019.

Os lixões - vazadouros a céu aberto que não possuem nenhuma proteção ambiental - são uma das piores e mais primitivas formas de destinação de resíduos. Ainda assim, segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), estima-se que, no país, em 2017, cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos foram despejados em locais como estes ou em aterros controlados – locais que recebem cobertura de solo, mas que não possuem sistema de dispersão de gases e tratamento de chorume -, por mais de 3 mil municípios brasileiros.

Existem diversas tecnologias ambientalmente mais adequadas para despejar e tratar o RSU que geralmente seria jogado em lixões, como a incineração com produção energética, a compostagem de resíduos orgânicos e a recuperação de materiais a partir da reciclagem. Embora a incineração com produção energética seja apontada como uma alternativa à realocação dos resíduos, Basto e Pinguelli (2004) argumentam que essa tecnologia possui um custo elevado para a maioria dos municípios e que pode gerar externalidades negativas à população, como a produção de fuligem tóxica e a contaminação do ar. Por outro lado, a reciclagem e a compostagem, além de serem formas limpas e economicamente viáveis de se tratar os resíduos, possuem importante papel social, pois envolvem, principalmente, trabalhadores de baixa renda e gera milhares de empregos formais e informais no Brasil (BASTO E PINGUELLI, 2004).

Entretanto lidar apenas com tecnologias que remediam o problema não basta. Nesse sentido, a educação ambiental pode ser o principal instrumento de transformação das relações entre homem e meio ambiente, tornando possível uma maior conscientização dos indivíduos tanto no que se refere a uma menor geração de resíduos, quanto às formas de descartes mais adequadas para o meio ambiente e para a vida em sociedade.

## **2.1 Do volume gerado**

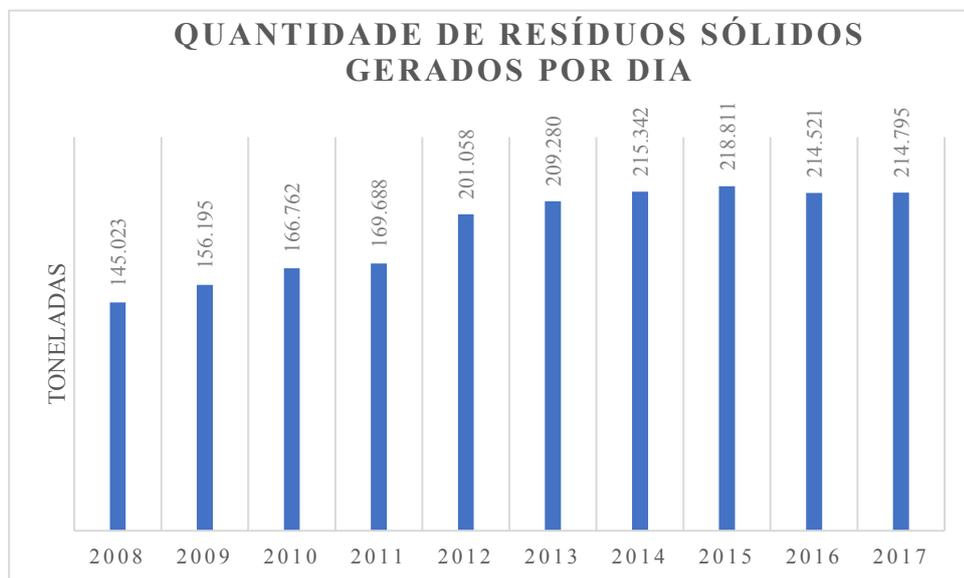
O volume de Resíduos Sólidos Urbanos vem crescendo em todo o mundo. Segundo Suocheng, Tong e Yuping (2001), a produção mundial de resíduos municipais já alcançava cerca de 0,49 bilhões de toneladas em 1997, com crescimento anual de 3,2-4,5% em países desenvolvidos e 2-3% em países em desenvolvimento. Dados mostram que só nos Estados Unidos, no ano de 1960, eram produzidos 88 milhões de toneladas de resíduos sólidos, o que correspondia a cerca de 1,2kg por dia para cada habitante. Em 1980, a geração per capita de resíduos nesse país subiu para 1,9kg por dia. A partir dos anos 2000, os EUA já geravam,

anualmente, cerca de 226 milhões de toneladas de resíduos, aproximadamente 2kg para cada habitante por dia (KREITH; TCHOBANOGLOUS, 2002).

Estima-se que a Nigéria, país com cerca de 920 km<sup>2</sup>, cuja população em 2009 estava próxima aos 140 milhões, gerava, nesse mesmo ano, cerca de 25 milhões de toneladas de resíduos sólidos municipais (OGWUELEKA, 2009). A Malásia, com seus quase 330 km<sup>2</sup> de área, descartou cerca de 0,5-0,8 kg/pessoa/ano de resíduos municipais em 2003 e chegou a produzir 1,7 kg/pessoa/ano na maioria de suas cidades (ABD; SAMAH; ZUKKI, 2009).

Nesses países, segundo os mesmos autores, as políticas implementadas foram incapazes de reverter o quadro da produção e destinação dos resíduos em suas regiões. Na maioria dos municípios, optou-se pela terceirização dos serviços de coleta e a cobrança de taxas de limpeza pública e urbana. Apesar disso, aponta-se a falta de planejamento como um dos maiores problemas encontrados, por exemplo, para decidir as maneiras economicamente mais viáveis de se fazer a coleta, através do estudo da composição dos resíduos gerados (orgânicos, recicláveis, de construção, etc.) por cada localidade.

Gráfico 1 - Quantidade, em toneladas por dia, de resíduos sólidos produzidos no Brasil ao longo dos anos



Fonte: elaboração própria a partir de dados da ABRELPE.

No Gráfico 1 acima é possível observar a variação na produção de resíduos sólidos no Brasil, entre os anos de 2008 e 2017. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2015 o país gerava cerca de 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), 50% a mais do que o total gerado em 2008. No ano seguinte, 2016, o total produzido foi de cerca de 78,3 milhões de toneladas, 2% a menos

do que o montante gerado em 2015, a primeira queda registrada. Contudo, em 2017 o volume voltou a subir cerca de 1% em relação ao ano anterior.

Tabela 1 - Geração per capita de resíduos sólidos por região

Região	Ano							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	1,002	1,051	1,108	1,154	1,145	0,892	0,893	0,901
Nordeste	1,207	1,254	1,289	1,302	1,309	0,958	0,982	0,988
Centro-Oeste	1,047	1,161	1,245	1,250	1,251	1,110	1,114	1,121
Sudeste	1,087	1,204	1,288	1,293	1,295	1,209	1,239	1,252
Sul	0,766	0,856	0,879	0,887	0,905	0,761	0,770	0,773

Fonte: adaptado de ABRELPE (2008-2015).

Conforme mostra a Tabela 1, o Nordeste brasileiro, entre os anos de 2008 e 2012, era a região com maior geração per capita de resíduos sólidos no país, chegando a gerar cerca de 1,3 kg de resíduos para cada habitante/dia. Porém, segundo os dados da ABRELPE, de 2013 em diante houve uma brusca redução nesse índice, fazendo com que a região ficasse atrás do Centro-oeste e Sudeste no quesito geração de resíduos sólidos.

### 3 ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE POLÍTICAS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Na China, Wu *et al.* (2015) utilizaram a Curva de Kuznets Ambiental para realizar um estudo acerca do impacto de políticas ambientais sobre a geração de resíduos sólidos no país. O estudo leva em consideração 31 províncias do continente chinês, observadas entre os anos de 1997 e 2011, e utiliza dados do *China Statistical Yearbooks* e do *China Environmental Yearbooks*. Usando o PIB per capita como indicador econômico e a geração per capita de resíduos sólidos urbanos como indicador ambiental, os autores trabalham com dois casos paralelos: um não leva em consideração a política de RSU como uma variável independente do modelo; o outro, utiliza essa variável como fator explicativo.

O trabalho sugere que a implementação de políticas ambientais tem efeito positivo na coleta de resíduos sólidos urbanos. Apesar disso, o estudo encontrou que a cobrança de taxas fixas de coleta mensal por residência não gera incentivos para que a população reduza a geração de resíduos ou passe a reciclar um volume maior de materiais. Nesse sentido, dentre as políticas adotadas pelas províncias estudadas, a cobrança de uma taxa por cada sacola plástica disposta no meio ambiente mostrou-se mais eficaz na diminuição na geração de lixo.

Troschinetz e Mihelcic (2009), realizam um estudo quantitativo e qualitativo em 23 países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. O trabalho tem por objetivo identificar as medidas que os países de segundo e terceiro mundo estão utilizando para lidar com os resíduos sólidos, quantificar a geração de resíduos sólidos urbanos, entender sua composição e avaliar os países em desenvolvimento, a partir da identificação das barreiras e incentivos à reciclagem e aos fatores de sustentabilidade. A dupla usa uma compilação de resultados de estudos dos países examinados, avaliando a qualidade dos dados a partir do uso da estimação de uma matriz multidimensional.

Segundo o estudo citado acima, a taxa média da geração de resíduos sólidos urbanos desses 23 países é de 0,77 kg/pessoa/dia e a taxa de materiais reciclados varia de 5% a 40%, sendo o Brasil e a Tailândia aqueles com maior taxa de recuperação. Além disso, a pesquisa identifica 12 fatores que influenciam a sustentabilidade da reciclagem de resíduos nos países em desenvolvimento: políticas governamentais, finanças do governo, caracterização do tipo de resíduo gerado, educação domiciliar, orçamento familiar, administração dos resíduos municipais, educação pessoal acerca dos resíduos, planos de disposição adequada, mercado local de material reciclado, recursos humanos e tecnológicos e disponibilidade de terra.

Cetrulo *et al.* (2018) entende que a política de resíduos brasileira ainda não alcançou as mudanças desejadas no que tange a não geração e ao manejo de resíduos sólidos. O trabalho avalia a situação atual do país e a efetividade da lei em quesitos como: quantidade de lixo gerado (a partir do total coletado), taxa do material que é reciclado, adequação da disposição final dos resíduos e população total atendida por serviços de coleta. Faz isso a partir de uma análise estatística descritiva, averiguando a situação dos rejeitos em todo o país e em cada uma das cinco regiões (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sul e Sudeste). Além disso, os autores também dividem a base conforme a faixa de número de habitantes dos municípios.

Segundo os autores, os resultados encontrados indicam que a situação atual do Brasil é similar à de outros países em desenvolvimento, como a Malásia. E apesar de ter ocorrido um aumento no serviço de coleta de lixo, principalmente nas áreas rurais, a frequência desta coleta diminuiu. Para eles, a lei se mostrou falha em reduzir a geração de resíduos sólidos e, além disso, não proporcionou aumento significativo na proporção de criação de aterros sanitários ambientalmente adequados. Muito embora, na maioria dos casos, os efeitos tenham se mostrado maiores – como era de se esperar – em cidades de maior porte, o que corrobora com Chaves, dos Santos e Rocha (2014), quando os mesmos falam das dificuldades técnicas e financeiras para os municípios se adaptarem às normas.

Okawara (2018), também realizou um estudo a respeito da política brasileira de resíduos sólidos. O autor utilizou a quantidade total de resíduos coletados e de resíduos destinados aos lixões, além de dados sobre saúde, para avaliar se os municípios que implementaram o PMGIRS alcançaram as metas estabelecidas pela PNRS. Para isso, ele montou um painel com efeitos fixos, contendo dados de todos os municípios brasileiros, entre os anos de 2008 e 2015.

Quanto aos resultados encontrados, não foi identificada significância estatística para aqueles que dizem respeito à quantidade de resíduos coletados e de resíduos enviados irregularmente para lixões. Contudo, o estudo aponta para uma redução nos casos de leptospirose, em municípios com menos de 11 mil habitantes, após a implementação do plano municipal. Mas também identifica um aumento contraditório dos casos de óbito, em crianças com menos de 11 meses, advindos de infecções respiratórias agudas.

#### **4 A POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS**

Em 2 de agosto de 2010 foi sancionada, no Brasil, a lei de número 12.305, a qual institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Esta lei atribui aos geradores e ao poder público a responsabilidade pelo gerenciamento e pela gestão, desde a sua fabricação até a disposição final, dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Para a PNRS, entende-se por resíduo sólido todo o

[...] 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 em rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL, 2010)

Dentre os objetivos desta política, destaca-se nesse trabalho a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos<sup>2</sup>”, além de incentivo à indústria de reciclagem, logística reversa, melhorias nos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos, estímulo ao consumo sustentável e integração dos catadores nas ações de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

---

<sup>2</sup> Segundo o mesmo documento, rejeitos são resíduos sólidos que, levando-se em conta a tecnologia disponível, não se faz possível o tratamento e a recuperação, sendo a disposição final ambientalmente adequada único destino para estes.

Além dos citados acima, de acordo com o que foi estabelecido no capítulo III, art. 7, da lei 12.305/2010, os objetivos da PNRS são:

- I – proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- II – não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;
- III – estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- IV – adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;
- V – redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- VI – incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- VII – gestão integrada de resíduos sólidos;
- VIII – articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos;
- IX – capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos;
- X – regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- XI – prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para:
  - a) produtos reciclados e recicláveis;
  - b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis;
- XII – integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- XIII – estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;
- XIV – incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;
- XV – estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável (BRASIL, 2010).

Outra grande preocupação da PNRS é com o fechamento dos lixões. Uma das metas dada pela Política aos municípios brasileiros é a de que, até 2014, todos os lixões presentes no país fossem desativados e que o entorno das áreas em que os mesmos se encontram sejam recuperados. Contudo, ainda em 2017, aproximadamente 40,9% dos resíduos coletados foram despejados em lixões ou aterros controlados por cerca de 3.353 municípios do país (ABRELPE, 2017).

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos utiliza de diversos instrumentos para a aplicação do que é auferido pela lei. Desses, destacam-se os Planos de Resíduo Sólidos, que possuem vigência por prazo indeterminado e horizonte de vinte anos, com atualizações a cada quatro anos. Segundo BRASIL (2011), estes estão relacionados com outras medidas ambientais e de saneamento, como os Planos Nacionais de Mudanças do Clima (PNMC), de Saneamento Básico (PLANSAB), de Recursos Hídricos (PNRH) e de Ação para a Produção e Consumo

Sustentáveis (PPCS). Os Planos de Resíduos Sólidos e suas atribuições estão divididos, resumidamente, da forma como segue no quadro abaixo.

Quadro 1 – Estrutura da Política Nacional de Resíduos Sólidos

PLANOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS	ATRIBUIÇÕES
Plano nacional	Estipula metas de redução, reutilização e reciclagem de materiais, além de metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final. Também, metas para a eliminação e recuperação de lixões, associada à emancipação econômica dos catadores. Responsável por elaborar as normas e condicionantes para a obtenção de recursos da União.
Planos estaduais, microrregionais e de regiões metropolitanas ou aglomerações	Faz o diagnóstico e identifica os principais fluxos de resíduos no estado. Elaboração de metas a nível estadual. Propõe programas, projetos e ações para o atendimento das metas. Além de medidas para incentivar e viabilizar a gestão consorciada ou compartilhada dos resíduos sólidos.
Planos municipais e intermunicipais	Condição para que os municípios e Distrito Federal tenham acesso aos recursos da União. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no território. Identificação de áreas favoráveis para disposição final. Procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados pelos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. Regras para o transporte. Programas e ações de educação ambiental. Mecanismos para criação de fontes de negócio, emprego e renda. Identificação de passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos.
Planos de gerenciamento	Descrição do empreendimento ou atividade. Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados ou administrados. Ações preventivas e corretivas. Metas para a minimização da geração de resíduos sólidos. Medidas saneadoras dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos.

Fonte: elaboração própria

Também é um instrumento utilizado pela PNRS, o Sistema Nacional de Informações sobre Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), seu principal objetivo é a coleta de dados dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos, afim de ajudar os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, no monitoramento, na fiscalização, na avaliação da eficiência e na avaliação dos resultados e impactos da Política. Fiscalização esta que poderá ser feita através dos órgãos ambientais integrantes do Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama). E, de acordo com a lei de crimes ambientais 6.514/08, aqueles que não cumprirem com as normas estabelecidas pelo

programa poderão ser multados em quantias que variam de R\$ 5 mil a R\$ 50 mil (BRASIL, 2014).

O plano de abrangência municipal, denominado de Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, é a principal ferramenta da política e é condicional para que os governos possam ter acesso aos recursos da União, “destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal finalidade” (BRASIL, 2010). Segundo a lei, os municípios teriam, a partir da data que esta foi sancionada, dois anos para montar seus planos de gestão integrada. Dessa forma, aqueles que após 02 de agosto de 2012 tivessem cumprido com os quesitos mínimos dispostos pela PMGIRS poderiam ter acesso ao recurso citado acima.

A seção IV, art. 19, do PMGIRS dispõe de dezenove itens que devem ser contemplados como conteúdo mínimo para elaboração do plano, segundo este, o mesmo deve conter:

- I – diagnóstico da situação dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, contendo a origem, o volume, a caracterização dos resíduos e as formas de destinação e disposição final adotadas;
- II – identificação de áreas favoráveis para disposição final ambientalmente adequada de rejeitos, observado o plano diretor de que trata o § 1º do art. 182 da Constituição Federal e o zoneamento ambiental, se houver;
- III – identificação das possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros municípios, considerando, nos critérios de economia de escala, a proximidade dos locais estabelecidos e as formas de prevenção dos riscos ambientais;
- IV – identificação dos resíduos sólidos e dos geradores sujeitos a plano de gerenciamento específico nos termos do art. 20 ou a sistema de logística reversa na forma do art. 33, observadas as disposições desta lei e de seu regulamento, bem como as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
- V – procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, incluída a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos e observada a Lei nº 11.445, de 2007;
- VI – indicadores de desempenho operacional e ambiental dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos;
- VII – regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20, observadas as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS e demais disposições pertinentes da legislação federal e estadual;
- VIII – definição das responsabilidades quanto à sua implementação e operacionalização, incluídas as etapas do plano de gerenciamento de resíduos sólidos a que se refere o art. 20 a cargo do poder público;
- IX – programas e ações de capacitação técnica voltados para sua implementação e operacionalização;
- X – programas e ações de educação ambiental que promovam a não geração, a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos sólidos;
- XI – programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver;
- XII – mecanismos para a criação de fontes de negócios, emprego e renda, mediante a valorização dos resíduos sólidos;

XIII – sistema de cálculo dos custos da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, bem como a forma de cobrança desses serviços, observada a Lei nº 11.445, de 2007;

XIV – metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

XV – descrição das formas e dos limites da participação do poder público local na coleta seletiva e na logística reversa, respeitado o disposto no art. 33, e de outras ações relativas à responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

XVI – meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito local, da implementação e operacionalização dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos de que trata o art. 20 e dos sistemas de logística reversa previstos no art. 33;

XVII – ações preventivas e corretivas a serem praticadas, incluindo programa de monitoramento;

XVIII – identificação dos passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos, incluindo áreas contaminadas, e respectivas medidas saneadoras;

XIX – periodicidade de sua revisão, observado prioritariamente o período de vigência do plano plurianual municipal (BRASIL, 2010).

Além disso, conforme estabelecido pelo Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, municípios pequenos, com menos de 20 mil habitantes, podem optar por aderir ao Plano Municipal Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMSGIRS). Este possui um número menor de incisos em relação ao plano anterior, são basicamente os mesmos da PMGIRS, exceto pelos incisos VI, XI, XV, XVI e XVII.

Para terem acesso aos recursos da União, além da criação do PMGIRS, leva-se em consideração outro fator: a existência ou não de inadimplência por parte do município requerente. Além disso, municípios que possuam associações de catadores de materiais recicláveis e que optarem por consórcios para a gestão de resíduos sólidos terão prioridade na obtenção do recurso. Contudo, estes ainda estarão sujeitos a “[...] conveniência e oportunidade, e poderão ser concedidos ou não” (BRASIL, 2014).

## **5 ESTRATÉGIA EMPIRICA**

Para calcular o impacto da PNRS sobre os municípios que já implementaram o PMGIRS foi aplicada a metodologia de Diferenças em Diferenças (DD), ponderado por um escore de propensão (*Propensity Score Matching*). Para isso, utilizou-se como fonte primárias de dados as planilhas contidas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Devido às peculiaridades de cada região do país, além de calcular os coeficientes das variáveis a nível nacional, dividiu-se o território brasileiro em: norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul. Essa distinção se faz necessária para que seja possível observar o impacto da PMGIRS separadamente, identificando onde a política apresentou o maior impacto e se há alguma região que se sobressai das demais.

A análise foi realizada em quatro momentos, onde o primeiro trata-se somente da aplicação do método de diferenças em diferenças, o segundo usa o DD com o acréscimo de algumas covariadas. No terceiro momento é usado o escore de propensão em conjunto com o DD e por último repete-se o terceiro passo, mas com o acréscimo de um teste de robustez no erro padrão. Por fim, realizou-se um teste placebo, objetivando averiguar se os efeitos encontrados são de fato provenientes da implementação da política pelo município. Para isso, considerou-se a data limite de construção dos planos municipais de gestão integrada como sendo um ano anterior a aquela que de fato o foi. Os resultados dessa falsificação estão ilustrados no Apêndice B desse documento.

### 5.1 Base de dados

O SNIS é o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento do país, ele é administrado pelo Governo Federal através da Secretária Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) e do Ministério das Cidades (MCID)<sup>3</sup>. Para avaliar a PNRS, além desse, também foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)<sup>4</sup> e informações contábeis dos municípios contidos no site do Ministério da Fazenda<sup>5</sup>.

Devido à natureza desses bancos, os dados aqui apresentados estão dispostos em formato anual, observados entre os anos de 2008 e 2015. Foram removidos da amostra cinco municípios criados em 2013, a saber: Pescaria Brava e Balneário Rincão, em Santa Catarina; Mojuí dos Campos, no Pará; Pinto Bandeira, no Rio Grande do Sul; e Paraíso das Águas, no Mato Grosso do Sul.

Além disso, conforme ilustrado na tabela 2 abaixo, dos 5570 municípios brasileiros, o banco de dados do SNIS contém apenas aqueles que responderam ao formulário para eles apresentado pelo órgão, assim, apesar de o banco final conter todos os municípios (a não ser pelos cinco citados anteriormente), só há informações completas para aqueles que apresentaram à entidade responsável o questionário citado. Os demais, exceto pelos dados retirados de outras fontes, estão indicados no banco, mas consta como dados faltantes. Dessa forma, a escolha dos anos utilizados no estudo leva em consideração a data de implementação da PNRS, a data dada aos municípios para que implementem o seu PMGIRS e a quantidade de dados disponíveis no SNIS.

---

<sup>3</sup>Governo Federal, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Link: <<http://app3.cidades.gov.br/serieHistorica/>>, acesso em junho de 2018.

<sup>4</sup>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Link: <<https://www.ibge.gov.br/>>, acesso em junho de 2018.

<sup>5</sup>Ministério da Fazenda. Link: <<http://www.tesouro.fazenda.gov.br/contas-aneais>>, acesso em agosto de 2018.

Tabela 2 - Quantidade de municípios listados no SNIS a cada ano (porcentagem relativa a cada região).

Ano	Total (%)	Norte (%)	Nordeste (%)	Sudeste (%)	Sul (%)	Centro-Oeste (%)
2008	372 (7%)	29 (6%)	95 (5%)	138 (8%)	79 (7%)	31 (7%)
2009	1964 (35%)	105 (23%)	421 (23%)	674 (40%)	607 (51%)	157 (34%)
2010	2070 (37%)	77 (17%)	395 (22%)	795 (48%)	666 (56%)	137 (29%)
2011	2100 (38%)	147 (33%)	406 (23%)	755 (45%)	666 (56%)	126 (27%)
2012	3043 (55%)	170 (38%)	682 (38%)	1111 (67%)	847 (71%)	233 (50%)
2013	3572 (64%)	242 (54%)	862 (48%)	1248 (75%)	940 (79%)	280 (60%)
2014	3765 (68%)	254 (56%)	962 (54%)	1301 (78%)	960 (81%)	288 (62%)
2015	3520 (63%)	246 (55%)	841 (47%)	1244 (75%)	928 (78%)	261 (56%)
2016	3670 (66%)	221 (49%)	871 (49%)	1307 (78%)	982 (82%)	289 (62%)

Fonte: elaboração própria a partir de dados do SNIS.

Do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, foram utilizadas as seguintes variáveis:

- a) Quantidade total de resíduos doméstico (RDO) e resíduos público (RPU) coletada por todos os agentes (tonelada/ano);
- b) População total atendida no município (habitantes);
- c) Percentual da população atendida com frequência diária;
- d) Percentual da população atendida 2 ou 3 vezes na semana;
- e) Despesa total com serviços de manejo de RSU (R\$/ano);
- f) Quantidade total de materiais recicláveis recuperados
- g) Os catadores estão organizados em Cooperativas ou Associações (variável binária que assume valor 1, caso afirmativo e 0, caso negativo);
- h) Existência de cobrança pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU, realizada pela prefeitura (variável binária que assume valor 1, caso afirmativo e 0, caso negativo);
- i) Município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos conforme estabelecido na Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos (variável binária que assume valor 1, caso afirmativo e 0, caso negativo);

Em posse desses dados, criou-se os indicadores que serviram como *proxy* para avaliar parte da lei 12.305/2010, quatro dos mesmo utilizados por Cetrulo *et al.* (2018): geração per capita de resíduos sólidos (kg/ano/capta) e quantidade de resíduos recicláveis recuperados (em

toneladas), indicativos do inciso II da lei, citado do Capítulo 3 e; amplitude do serviço de coleta de resíduos (número de indivíduos atendidos em relação à população total) e à melhora na frequência adequada da coleta – considerada adequada as residências que recebem coleta mais de duas vezes por semana, como indicativos do inciso X, dos objetivos da norma.

Tabela 3 - Indicadores utilizados para avaliar a PNRS

Indicadores	Definição do indicador	Dado
Geração per capita de resíduos	RSU coletado	Quantidade total de RDO e RPU coletada
	População atendida pelo serviço de coleta	População total atendida pelo município
Serviço de coleta	População atendida pelo serviço de coleta	População total atendida pelo município
	População total do município	População total do município
Resíduos recuperados	Massa de resíduos recicláveis coletados	Quantidade total de materiais recicláveis recuperados
	RSU coletado	Quantidade total de RDO e RSU coletada
Frequência de coleta	População atendida com frequência adequada de coleta	Percentual da população atendida 1, 2 ou 3 vezes na semana
	População atendida pelo serviço de coleta	População atendida pelo serviço de coleta

Fonte: elaboração própria.

Vale mencionar que a informação contendo a lista de municípios que já possuem PMGIRS (dentro do período estudado) só existe para o ano de 2013, não possibilitando enxergar aqueles que eventualmente entraram ou saíram do programa durante os anos de 2014 e 2015. Assim, para fins desse estudo, ou o município formulou seu plano de gestão integrado até o ano de 2012 ou não o construiu ainda. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) fez um levantamento à parte para o ano de 2015, mas para evitar problemas decorrentes da utilização de fontes distintas, optou-se por usar apenas os dados contidos no SNIS.

Além desses, também foram utilizados:

- a) proporção dos gastos de cada município com saneamento básico, obtidos no site de Finanças do Brasil (FINBRA);
- b) estimativas populacionais e Produto Interno Bruto (PIB) de cada município, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Das variáveis citadas acima, as mostradas na Tabela 3 foram utilizadas como variáveis dependentes do modelo. Todas as demais (despesas com RSU, catadores organizados em

cooperativas, cobrança pelo serviço de limpeza, gastos com saneamento, PIP e tamanho populacional do município), são medidas de controle.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas (Brasil)

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ. <sup>a</sup>	Média <sup>b</sup>	$\sigma^c$	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$
Total de RPU e RDO coletado (log)	19.151	7,82	1,79	7.086	7,87	1,83	12.065	7,80	1,77
População atendida por serviços de coleta (log)	15.681	9,28	1,37	5.715	9,32	1,41	9.966	9,24	1,34
Despesas públicas com RSU	12.816	1,6e <sup>6</sup>	2,1e <sup>6</sup>	4.93	1,2e <sup>6</sup>	8,1e <sup>6</sup>	7.877	1,9e <sup>6</sup>	2,6e <sup>6</sup>
Despesas privadas com RSU	12.628	4,4e <sup>6</sup>	4,7e <sup>6</sup>	4.873	4,7e <sup>6</sup>	5,4e <sup>6</sup>	7.755	4,2e <sup>6</sup>	4,1e <sup>6</sup>
Cooperativas de Catadores (dummy)	12.886	0,28	0,45	4.957	0,30	0,46	7.929	0,27	0,44
Cobra por serviços de limpeza (dummy)	20.042	0,43	0,50	7.420	0,51	0,50	12.622	0,39	0,49
Total coletado por coleta seletiva (log)	5.343	5,80	1,86	2.381	5,80	1,85	2.962	5,82	1,88
População atendida com frequência diária	20.072	37,30	36,16	7.444	35,68	35,83	12.628	38,88	36,31
População atendida 2 ou 3 vezes na semana	20.070	51,66	36,36	7.444	53,54	36,28	12.626	50,54	36,36
PIB per capita do município	44.519	14.967	17.832	14.912	16.691	15.649	29.607	14.098	18.777
Possui projeto de educ. ambiental (dummy)	44.503	0,25	0,43	14.912	0,45	0,5	29.591	0,15	0,36
Proporção gasta com saneamento	36.770	0,017	0,034	12.248	0,02	0,033	24.522	0,017	0,035

a. Número de observações da amostra.

b. Média amostral.

c. Desvio padrão.

Fonte: elaboração própria, com base nos dados do SNIS, FINBRA e IBGE

A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para o estudo a nível Brasil, ilustradas tanto em sua totalidade quanto divididas entre municípios usados como tratados e aqueles usados como controle. As estatísticas para cada região brasileira estão dispostas nas tabelas A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5, que podem ser encontradas no Apêndice A.

## 5.2 Diferenças em diferenças

Segundo Gertler *et al.* (2011), o método de Diferenças em Diferenças (DD), ou *Diff-in-Diff*, é um método quase-experimental que compara as mudanças ocasionadas por um fator exógeno, como, por exemplo, a implementação de uma nova política pública, em uma população dividida entre aqueles que foram afetados pelo ocorrido (o grupo de tratados) e aqueles que não foram afetados (o grupo de controle). Esse método é comumente utilizado para

avaliar políticas públicas, pois ele permite comparar, no tempo, indivíduos que não foram afetados pela política com aqueles que foram afetados, atribuindo seu resultado (a diferença da diferença) ao possível efeito da implementação da nova lei.

Para este trabalho, o que queremos analisar são os impactos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos sobre os municípios que já elaboraram seus planos. A hipótese central é a de que, caso não houvesse a política, cada variável seguiria uma trajetória paralela. Dessa forma, qualquer desvio nas trajetórias das variáveis após a implementação do PNRS pode ser considerado efeito da política.

Assim, o DD permite compararmos tratados e não tratados, antes e depois dos municípios elaborarem seu PMGIRS, a partir da manipulação da equação que se segue:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 P_t + \beta_3 T_i P_t + \mu_{it} \quad (\text{equação 1})$$

onde  $i$  é cada um dos municípios estudados e  $t$  o ano, que vai de 2008 a 2015.

$Y_{it}$  representa as *proxys* que servirão para analisar a efetividade da PNRS, apresentados na Tabela 3.  $T$  é uma variável *dummy* de tratamento, que assume valor 1 caso o indivíduo esteja no grupo dos tratados, ou seja, o grupo dos municípios que em 2013 já possuíam a PMGIRS e 0, caso contrário (grupo de controle).  $P$  é uma variável binária que assume valor 1 para os anos após a implementação da PMGIRS ( $\geq 2013$ ), e 0 para o período anterior a este tratamento.  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  são os coeficientes das respectivas variáveis associadas e  $\mu_{it}$  é o erro.

Assim, temos quatro combinações de possibilidades para esse conjunto de indivíduos:

a) Tratado pós tratamento (T=1 e P=1):

$$\bar{Y}_{11} = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \mu_{it}$$

b) Tratado antes do tratamento (T=1 e P=0):

$$\bar{Y}_{01} = \beta_0 + \beta_1 + \mu_{it}$$

c) Controle após tratamento (T=0 e P=1):

$$\bar{Y}_{10} = \beta_0 + \beta_2 + \mu_{it}$$

d) Controle antes do tratamento (T=0 e P=0):

$$\bar{Y}_{00} = \beta_0 + \mu_{it}$$

A primeira diferença do processo de *Diff-in-Diff* consiste em subtrairmos os mesmos grupos de indivíduos em cada período do tempo. Ou seja, grupo de tratados pós tratamento menos grupo de tratados caso não tivessem sofrido o tratamento, e grupo de controle caso tivessem sido tratados menos grupo de controle antes do tratamento.

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{11} - \bar{Y}_{10} &= (\beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \mu_{it}) - (\beta_0 + \beta_1 + \mu_{it}) = \\ &= \beta_2 + \beta_3\end{aligned}\quad (\text{equação 2})$$

$$\begin{aligned}\bar{Y}_{01} - \bar{Y}_{00} &= (\beta_0 + \beta_2 + \mu_{it}) - (\beta_0 + \mu_{it}) = \\ &= \beta_2\end{aligned}\quad (\text{equação 3})$$

A segunda diferença é dada pela subtração das duas equações anteriores:

$$(\bar{Y}_{11} - \bar{Y}_{10}) - (\bar{Y}_{01} - \bar{Y}_{00}) = (\beta_2 + \beta_3) - \beta_2 = \beta_3 \quad (\text{equação 4})$$

onde  $\beta_3$  é conhecido na literatura como o estimador do DD e nos fornece o efeito médio do tratamento (ATE, da sigla em inglês: *average treatment effect*). Dessa forma, o estimador de diferenças em diferenças separa o efeito da Política Nacional de Resíduos Sólidos sobre as variáveis dependentes, controlando todos os outros fatores que explicam essas variáveis.

O DD também pode ser escrito da seguinte forma:

$$DD_i = [E(Y_{i,1}^1 - Y_{i,0}^1) - (Y_{j,1}^0 - Y_{j,0}^0)] \quad (\text{equação 5})$$

onde i e j denota indivíduos tratado e controle, respectivamente. E o índice superior é o tempo, indicado em 1 para o período pós tratamento e 0 para o período anterior ao tratamento.

Segundo Wooldridge (2002), o DD é indicado quando há informações sobre os grupos de interesse ao longo do tempo, pois permite que ele atue de forma a reduzir o viés de seleção em características não observáveis pelo modelo. Dessa forma, na ausência de intervenção entre os grupos de comparação ao longo do tempo, o DD nos fornece estimativas não viesadas dos resultados obtidos pela implementação da norma. Contudo, garantir que isso ocorra pode ser uma das maiores questões do modelo. Por isso, ao parear os municípios em características observáveis ao longo do tempo, o escore de propensão age de forma a diminuir a probabilidade com que esse problema ocorra, melhorando as estimativas e fornecendo resultados mais confiáveis<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Para mais informações sobre a utilização dos dois métodos em conjunto, ver Stuart et al. (2014).

### 5.3 Propensity Score Matching

O *Propensity Score Matching* é um método econométrico que se utiliza das características observadas dos indivíduos (no caso deste trabalho: os municípios brasileiros) para construir conjuntos de comparação, agrupando-os de acordo com a similaridade entre os atributos de cada elemento da amostra. Ao fazer isso, o PSM reduz a dimensionalidade das variáveis do painel e faz com que as variáveis explicativas passem a depender quão menos da participação ou não dos municípios no programa, quão mais próximas forem as características pareadas (CECHIN et al., 2015).

O método, criado por Rosenbaum e Rubin (1983), sumariza as características de cada unidade contida no painel e, com base nessas, gera um peso com valores entre 0 e 1, a depender de como elas influenciam na decisão de participar ou não de um programa. (GERTLER et al., 2011). No PSM, formalmente definido por  $\hat{P}(X) = \Pr(PNRS_{i,0} = 1 | X_{i,-1})$ , nós usamos um modelo logístico para estimar a probabilidade de um município fazer parte da PNRS baseado no vetor de características anteriores ao tratamento ( $X_{i,-1}$ ), assim evitamos distorções no resultado, causados por possíveis mudanças no comportamento da amostra, provindas da implementação do programa.

### 5.4 Dupla Diferença com *Matching*

Dessa forma, como mencionado anteriormente, para melhorar as estimações do modelo, além do método de diferenças em diferenças, calculou-se a probabilidade de os municípios estudados participarem ou não da política, através do PSM. Assim, para uma sequência de resultados, a base de dados foi pareada e, utilizando-se os pesos gerados pelo escore de propensão, os resultados foram calculados mais uma vez. O novo estimador (equação 6), utilizado por Fontes, Conceição e Jacinto (2018), é mais robusto, pois age de maneira a diminuir a probabilidade da existência de viés de seleção, já que, para essa nova amostra, os municípios controle são escolhidos não somente pelo fator elaboração do PMGIRS, mas também pela proximidade em características institucionais. Assim, a nova equação, chamada de DDM, pode ser escrita como

$$DDM_i = \left[ E(Y_{i,1}^1 - Y_{i,0}^1) - \sum_{j \in C} W_{ij} (Y_{j,1}^0 - Y_{j,0}^0) \right] \quad (\text{equação 6})$$

onde  $W$  é o peso estimado pelo PSM e  $C$  o suporte comum.

### 5.5 Análise de robustez

Para todas as variáveis ilustradas na Tabela 3, calculou-se também os coeficientes do DDM para um período anterior à implementação do PMGIRS, 2011. Como a política foi implementada em 2010 e o prazo dado para a implementação dos planos foi de dois anos, ou seja 2012, talvez fosse mais indicado que a falsificação tivesse sido feita para, pelo menos, três períodos. Contudo, a base do SNIS vai se esvaindo em dados conforme reduzem-se os anos, de modo que se tornou inviável o DD com pareamento em características observáveis dos municípios para períodos anteriores a um ano.

Esta estratégia serve como teste de robustez para confirmar os resultados encontrados pelo DDM, para a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. No caso dos parâmetros encontrados, a partir da falsificação, não serem estatisticamente significantes, isso sugere que, em média, não há diferenças entre tratado e controle nas variáveis utilizadas para avaliar a PNRS. Ou seja, o efeito captado pelo DDM original deve ter ocorrido devido a implementação da norma.

A Tabela B.1 do Apêndice B apresenta os resultados do teste quando analisamos todo o país. Já as Tabelas B.2, B.3, B.4, B.5 e B.6, os resultados da falsificação para as cinco grandes regiões brasileiras. A sequência de resultados segue a mesma lógica apresentada na Tabela 5 abaixo.

## 6 RESULTADOS

Os resultados estão divididos em 6 partes. A Tabela 5, mostra o valor dos coeficientes a nível nacional. Já as tabelas 6, 7, 8, 9 e 10, os coeficientes para cada região do país. Além dessas também foram feitos testes para diferentes tamanhos de população: menor ou igual a vinte mil habitantes (PMGIRS simplificada); entre vinte mil e quinhentos mil habitantes; e em cidades com mais de quinhentos mil habitantes. Mas nenhum resultado significativo foi encontrado, por isso seus respectivos coeficientes não estão aqui expostos.

As colunas (1), (2), (3) e (4) de cada tabela mostram, respectivamente, os coeficientes do DD simples, Diff com covariadas, com PSM e, por fim, com PSM e erro padrão robusto. As variáveis dependentes, como mencionado anteriormente, são Geração per capita de resíduos, Serviço de coleta, Resíduos recuperados e Frequência de coleta. Os resultados estão apresentados separadamente para cada região.

A redução na geração de resíduos sólidos é o grande e maior objetivo da Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Apesar disto, no que diz respeito à análise nacional, a política não se mostrou eficaz nesse quesito. Tanto nesse, quanto nos trabalhos de Okawara (2018) e Cetrulo *et al.* (2018), nenhuma significância foi encontrada quanto da análise sobre todos os municípios brasileiros. Isso quer dizer que, quanto a geração, não há diferenças entre municípios tratados e controles mesmo após a implementação da nova lei. Dentre as quatro variáveis usadas nesse trabalho, que serviram como objeto de análise para a política, apenas a que mede a taxa de Resíduos sólidos recuperados (recicláveis) obteve resultados significantes. A Tabela 5 mostra que nesse quesito, os municípios que implementaram com sucesso as medidas dispostas pela PNRS puderam observar um aumento de cerca de 40,2% na coleta de materiais recicláveis, em relação aos que ainda não se adequaram à norma.

Tabela 5 - Impacto da PNRS para todos os municípios brasileiros

Variável	Efeito em log (Brasil)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de resíduos	-0,033	-0,019	0,007	0,012
Serviço de coleta	0,014	0	-0,043*	-0,011
Resíduos recuperados	0,084	0,067	0,471***	0,402***
Frequência da coleta	-0,037	-0,024	0,070	0,026
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Quanto a análise por regiões, o Nordeste foi o único a apresentar significância no que diz respeito ao indicador Geração de resíduos sólidos. Conforme ilustrado na Tabela 6, ao comparamos os municípios que já se adequaram à política em relação àqueles que não formularam o seu plano ainda, os resultados indicam uma diminuição de aproximadamente 37,8% nessa região. Esse resultado nos ajuda a entender a redução na geração per capita de resíduos sólidos ilustrado na Tabela 1, já que a região Nordeste foi a única a apresentar

diminuição significativa na geração de resíduos entre os anos de 2008 e 2015. Sendo que esta se deu após 2012, data limite para os municípios elaborarem seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos. Indicando que essa variação pode ter se dado em decorrência a implementação da lei 12.305.

Tabela 6 - Impacto da PNRS nos municípios da região Nordeste do Brasil

Variável	Efeito (Nordeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,082	0	-0,468***	-0,378***
Serviço de coleta	0,027	0,032	0,008	0,017
Resíduos recuperados	0,784	1,433*	5,979***	6,146***
Frequência da coleta	0,012	-0,040	0,667*	0,240
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Além disso, o Nordeste também apresentou o maior aumento na taxa de materiais recicláveis recuperados, um valor seis vezes maior em relação aos municípios que não construíram seus planos. Contudo, os resultados do teste placebo (Tabelas B1, B2, B3, B4, B5 e B6, do Apêndice B) encontraram significância nesse quesito, tanto a nível nacional, quanto para o Nordeste e Sudeste brasileiro. Dessa forma, vislumbra-se duas possibilidades. Uma delas é a de que visto que a lei foi sancionada em 2010, com prazo de dois anos para que os municípios e o Distrito Federal elaborassem seus respectivos planos, é possível que essas regiões tenham se adaptado já no período inicial do prazo estipulado, durante o processo de adequação às normas. Tentou-se fazer outros testes de placebo, para períodos anteriores a 2010, mas a incompletude dos dados do SNIS tornou inviável tal amostragem. A segunda possibilidade é de que essa mudança de comportamento não tenha se dado devido à lei, mas a pressões ambientais advindas dos já citados fóruns das Nações Unidas, além de características institucionais, de gestão e econômicas não captadas pelo modelo.

Tabela 7 - Impacto da PNRS nos municípios da região Sudeste do Brasil

Variável	Efeito (Sudeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,055	-0,014	0,018	0,007
Serviço de coleta	0,002	-0,017	-0,004	-0,016
Resíduos recuperados	0,257*	0,112	0,635***	0,553***
Frequência da coleta	0,059	0,014	0,166	0,155
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Assim como a região nordeste, o Sudeste também apresentou significância na variável explicada Resíduos recuperados. Segundo os resultados, nessa parte do país houve um aumento de cerca de 55,3% na taxa de materiais reciclados, conforme mostra a coluna (4) da Tabela 7. Mas, do mesmo modo, vale a discussão acima a respeito dos resultados do placebo, visto que, como já mencionado, também foi encontrado significância para essa região durante o teste.

Tabela 8 - Impacto da PNRS nos municípios da região Sul do Brasil

Variável	Efeito (Sul)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,006	-0,019	-0,057	-0,053
Serviço de coleta	0,006	0,005	0,040	0,002
Resíduos recuperados	-0,148	-0,169	-0,108	-0,089
Frequência da coleta	-0,076	-0,052	-0,156	-0,114
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

As regiões norte, sul e centro-oeste não apresentaram significância em nenhum dos quesitos estudados. Embora o inciso X que trata dos objetivos da Lei 12.305/10 indique que a “regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos” seja uma das prioridades do programa, as variáveis Serviço de coleta e Frequência de coleta, também não encontraram significância em nenhum dos cenários observados.

Frequência de coleta foi o indicador que apresentou os piores resultados na análise. Apesar disso, assim como no trabalho de Cetrulo *et al.* (2018), os coeficientes sugerem uma diminuição da frequência para a maioria das regiões. Segundo os autores, pode ter havido uma redução na frequência de coleta de resíduos, em decorrência de uma ampliação no serviço como todo, mas nada disso pôde ser observado nesse estudo.

Tabela 9 - Impacto da PNRS nos municípios da região Norte do Brasil

Variável	Efeito (Norte)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,003	-0,108	-0,155	-0,018
Serviço de coleta	-0,014	-0,185	-0,468*	-0,407*
Resíduos recuperados	1,977*	1,987*	-	-
Frequência da coleta	0,081	0,130	0,873	0,008
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Observando mais uma vez a Tabela 2 vemos que o número de municípios estudados nas regiões norte e centro-oeste é de 221 e 289, respectivamente. Esse total está bem abaixo do das demais, que por sua vez possuem entre 871 e 1307 observações. Acontece que, ao parearmos a amostra em suas características observáveis, o tamanho desse conjunto, somado à precariedade de informações nas tabelas do SNIS, não nos permite calcularmos o DDM dos Resíduos recuperados para nenhuma dessas duas regiões. Por isso os resultados desses coeficientes encontram-se em branco nas tabelas 9 e 10.

Tabela 10 - Impacto da PNRS nos municípios da região Centro-oeste do Brasil

Variável	Efeito (Centro-Oeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,056	-0,133	0,135	0,112
Serviço de coleta	0,057*	0,049	0,045	0,054
Resíduos recuperados	-0,109	-0,076	-	-
Frequência da coleta	0,045	-0,049	-0,566	-0,020
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Em resumo, temos uma redução de 37,8% na quantidade per capita de resíduos gerados pela região Nordeste, que pode ser atribuído aos resultados obtidos pela PNRS. E um aumento na quantidade de resíduos recicláveis recuperados no Nordeste e Sudeste do país, mas cuja causa pode não vir especificamente da implementação da política, pois tal aumento já podia ser observado, pelo menos a partir de 2011.

## 7 CONCLUSÃO

Com a implementação da lei de resíduos sólidos, o país encontra-se mais próximo de se tornar um lugar ambientalmente sustentável, embora ainda haja muito no que se trabalhar a esse respeito. A presente análise mostrou que muitos dos municípios estudados ainda apresentam dificuldades na elaboração de seus Planos e que boa parte deles não se livrou completamente do problema dos lixões. Apesar desta pesquisa não contemplar todos os quesitos propostos pela PNRS, pôde-se observar que essa política ainda não alcançou seus objetivos plenos, pois os resultados ainda são poucos e foram identificados apenas em algumas regiões do país.

A despeito do que dizem as outras pesquisas no Brasil (CETRULO et al., 2018; OKAWARA, 2018), quanto à geração de resíduos, ainda que o efeito se anule quando olhamos para o país como um todo, pode-se concluir que a região Nordeste beneficiou-se dos incentivos

dados pela norma, pois os municípios que se adequaram e construíram seus Planos observaram uma redução de 37,8% na quantidade de resíduos coletados. De modo geral, houve uma melhora no serviço de reciclagem do país, com destaque para a regiões Nordeste e Sudeste que aumentaram em até 6 vezes a quantidade de resíduos recuperados por seus municípios. Entretanto, o aumento captado pelo modelo não pode ser explicado pela implementação da norma, já que ele se mostrou presente também durante os testes de efeito placebo. Quanto à frequência e a ampliação dos serviços de coleta, ainda que os resultados convirjam com os encontrados por Cetrulo *et al.* (2018), no que os autores indicam um aumento no serviço, mas uma diminuição na frequência, principalmente em municípios maiores, não foi possível observar disparidades entre municípios que já implementaram o PMGIRS em relação aos que não o fizeram.

Uma das principais dificuldades encontradas por esse estudo foi a baixa quantidade de informações contidas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, onde muitas das variáveis contidas no banco encontravam-se defasadas em vários campos, além do fato de que nem todos os municípios estão listados no mesmo. E, apesar de ser um tema que tem tomado cada vez mais força nos últimos anos, há apenas um pequeno volume de trabalhos empíricos na área de resíduos sólidos urbanos.

Dessa forma, é necessário um maior comprometimento das autarquias municipais tanto no que diz respeito ao correto e completo preenchimento dos dados requeridos pelo SNIS, para que futuramente seja possível o desenvolvimento de mais estudos na área, quanto no comprometimento com a aplicação e adequação às normas da PNRS. Garantindo, assim, que o tópico apareça entre as prioridades da agenda municipal, seja qual for o governo, e trabalhando para que os outros quesitos da política sejam cumpridos. Para que ela possa ser efetivada não só parcialmente, mas em totalidade.

Por fim, vale lembrar estão sendo utilizados recursos da União tanto na manutenção quanto na aplicação daquilo que é auferido pela lei. Onde, segundo site do Governo Federal<sup>7</sup>, entre os anos de 2012 e 2014, cerca de R\$ 1,2 bilhão foi disponibilizado aos municípios e Distrito Federal para a execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dessa forma, é importante que a população se informe e cobre de seus gestores, afim que se assegure o bom uso dos recursos públicos.

---

<sup>7</sup> Governo do Brasil. Link <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2014/08/tire-suas-duvidas-sobre-a-politica-de-residuos-solidos>>. Acesso em 02 de agosto de 2018.

## REFERÊNCIAS

- ABD, Manaf Latifah; SAMAH, Mohd Armi Abu; ZUKKI, Nur Ilyana Mohd. Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges. **Waste Management**, [s. l.], v. 29, n. 11, p. 2902–2906, 2009.
- ABRELPE, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. **São Paulo: Grappa**, [s. l.], 2017.
- BASTO, Luciano; PINGUELLI, Luiz. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. **Fuel and Energy Abstracts**, [s. l.], v. 45, p. 225, 2004.
- BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Câmara - Legislação**, 2010. p. 1–72. Disponível em: <[https://fld.com.br/catadores/pdf/politica\\_residuos\\_solidos.pdf](https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf)>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Lei no 12.305/2010). In: BRASÍLIA: DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO 2011, **Anais...** [s.l: s.n.] Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: 18 set. 2018.
- CECHIN, Luis Antonio et al. O impacto das regras do Programa Bolsa Família sobre a fecundidade das beneficiárias. **Revista Brasileira de Economia**, [s. l.], v. 69, n. 3, p. 303–329, 2015. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0034-7140.20150014>>
- CETRULO, Tiago Balieiro et al. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 205, p. 179–187, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618328142>>. Acesso em: 5 dez. 2018.
- CHAVES, Gisele De Lorena Diniz; DOS SANTOS, Jorge Luiz; ROCHA, Sandra Mara Santana. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review. **Waste Management and Research**, [s. l.], v. 32, p. 19–31, 2014.
- DUARTE, Regina; MACHADO, Richardson Miranda. Efeitos Do Tratamento De Resíduos Sólidos Na Saúde E Na Economia. [s. l.], n. 67, p. 159–161, 2015.
- FONTES, Luiz Felipe Campos; CONCEIÇÃO, Otavio Canozzi; JACINTO, Paulo de Andrade. Evaluating the impact of physicians’ provision on primary healthcare: Evidence from Brazil’s More Doctors Program. **Health Economics (United Kingdom)**, [s. l.], v. 27, n. 8, p. 1284–1299, 2018.
- GERTLER, Paul J. et al. **Impact Evaluation in Practice**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <[http://siteresources.worldbank.org/EXTHDOFFICE/Resources/5485726-1295455628620/Impact\\_Evaluation\\_in\\_Practice.pdf](http://siteresources.worldbank.org/EXTHDOFFICE/Resources/5485726-1295455628620/Impact_Evaluation_in_Practice.pdf)>
- GOLLO, Rogério et al. Três anos após a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): seus gargalos e superações. [s. l.], p. 80, 2014.
- KREITH, Frank; TCHOBANOGLIOUS, George. **Handbook of Solid Waste Management**. [s.l: s.n.]. v. 13 Disponível em: <<https://sanitarac.pro/wp-content/uploads/2017/07/Solid-Waste-Management.pdf>>. Acesso em: 1 maio. 2018.
- MOUSTAKAS, M. et al. Growth and some photosynthetic characteristics of field grown Avena sativa under copper and lead stress. [s. l.], v. 30, n. 3, p. 389–396, 1994.
- OGWUELEKA, T. Ch. MUNICIPAL SOLID WASTE CHARACTERISTICS AND MANAGEMENT IN NIGERIA. **Journal of Environmental Health Science & Engineering**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 173–180, 2009. Disponível em: <[www.SID.ir](http://www.SID.ir)>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- OKAWARA, Jonas Manabu. **AVALIAÇÃO DE IMPACTO DA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SAÚDE**. 2018. Fundação Getulio Vargas, [s. l.], 2018.

- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.
- SHAYLER, Hannah; MCBRIDE, Murray; HARRISON, Ellen. Sources and Impacts of Contaminants in Soils. **Soil Sciences**, [s. l.], n. Cornell Waste Management Institute, p. 1–6, 2009. Disponível em: <<http://cwmi.css.cornell.edu>>
- SMITH, C. J.; HOPMANS, P.; COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 94, n. 3, p. 317–323, 1996.
- SOARES, L. G. C.; SALGUERIO, A. A.; GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco—um estudo de caso. **Revista Ciências e Tecnologia**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–9, 2007. Disponível em: <[http://www.unicap.br/revistas/revista\\_e/artigo5.pdf](http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo5.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- SUOCHENG, Dong; TONG, Kurt W.; YUPING, Wu. **Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem** *Utilities Policy*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <[www.elsevier.com/locate/utilpol](http://www.elsevier.com/locate/utilpol)>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- TROSCHINETZ, Alexis M.; MIHELICIC, James R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. **Waste Management**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 915–923, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016>>
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. **Booksgooglecom**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 752, 2002.
- WU, Jian et al. A quantitative analysis of municipal solid waste disposal charges in China. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 187, n. 3, 2015.

## APÊNDICES

### Apêndice A: estatísticas descritivas por região do Brasil

Tabela A.1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região norte do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$
Total de RPU e RDO coletado (log)	4.376	7,95	1,78	1.131	8,35	1,81	3.245	7,81	1,74
População atendida por serviços de coleta (log)	3.694	9,35	1,24	944	9,67	1,27	2.750	9,24	1,21
Despesas públicas com RSU	2.515	1,3e <sup>6</sup>	6,3e <sup>6</sup>	674	1,5e <sup>6</sup>	7,1e <sup>6</sup>	1.841	1,2e <sup>6</sup>	6,1e <sup>6</sup>
Despesas privadas com RSU	2.451	5,2e <sup>6</sup>	7,1e <sup>6</sup>	652	1,2e <sup>6</sup>	1,3e <sup>6</sup>	1.799	2,6e <sup>6</sup>	1,3e <sup>6</sup>
Cooperativas de Catadores (dummy)	2.537	0,16	0,37	710	0,24	0,42	1.827	0,14	0,34
Cobra por serviços de limpeza (dummy)	4.597	0,08	0,27	1.192	0,09	0,29	3.405	0,07	0,26
Total coletado por coleta seletiva (log)	293	-3,93	2,21	103	-4,43	1,9	190	-3,66	2,28
População atendida com frequência diária	4.585	43,56	34,72	1.190	43,43	33,07	3.395	43,61	35,28
População atendida 2 ou 3 vezes na semana	4.585	45,23	34,09	1.190	44,89	32,44	3.395	45,36	34,65
PIB per capita do município	14.351	7.234	8.151	3.424	7.345	6.229	10.927	7.200	8.666
Possui projeto de educ. ambiental (dummy)	14.343	0,21	0,41	3.424	0,47	0,49	10.919	0,13	0,34
Proporção gasta com saneamento	11.448	0,01	0,02	2.746	0,01	0,03	8.702	0,01	0,02

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.2 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região nordeste do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$
Total de RPU e RDO coletado (log)	1.210	8,04	1,87	412	8,38	1,82	798	7,86	1,88
População atendida por serviços de coleta (log)	1.036	9,35	1,4	353	9,66	1,33	683	9,2	1,41
Despesas públicas com RSU	669	1,2	4,2	224	1,7	6,3	445	1,1	2,7
Despesas privadas com RSU	630	4,1	1,8	212	6,2	2,6	418	3,1	1,2
Cooperativas de Catadores (dummy)	701	0,19	0,4	244	0,2	0,4	457	0,18	0,39
Cobra por serviços de limpeza (dummy)	1.243	0,16	0,36	422	0,16	0,36	821	0,16	0,36
Total coletado por coleta seletiva (log)	91	-4,33	2,36	34	-4,58	1,99	57	-4,18	2,56
População atendida com frequência diária	1.246	38,67	33,11	424	39,4	33,74	822	38,28	32,79
População atendida 2 ou 3 vezes na semana	1.246	46,55	32,98	424	46,1	33,35	822	46,77	32,81
PIB per capita do município	3.592	10.549	8.480	1.208	10.335	6.838	2.384	10657	9.200
Possui projeto de educ. ambiental (dummy)	3.592	0,35	0,47	1.208	0,55	0,49	2.384	0,25	0,43
Proporção gasta com saneamento	2.720	0,01	0,02	963	0,01	0,03	1.757	0,01	0,02

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.3 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região sudeste do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$
Total de RPU e RDO coletado (log)	6.831	8,09	1,78	2.100	8,25	1,83	4.731	8,03	1,76
População atendida por serviços de coleta (log)	5.513	9,49	1,42	1.649	9,62	1,47	3.864	9,44	1,39
Despesas públicas com RSU	4.717	2,5	3,3	1.483	2,1	1,1	3.234	2,7	4,1
Despesas privadas com RSU	4.649	6,6	5,5	1.454	6,1	3,4	3.195	6,8	6,3
Cooperativas de Catadores (dummy)	4.937	0,36	0,48	1.576	0,39	0,48	3.361	0,35	0,47
Cobra por serviços de limpeza (dummy)	7.106	0,48	0,49	2.185	0,49	0,5	4.921	0,48	0,49
Total coletado por coleta seletiva (log)	2.387	-3,08	1,7	794	-3,2	1,6	1.593	-3,03	1,72
População atendida com frequência diária	7.136	44,97	38,08	2.202	45,34	38,59	4.934	44,81	37,86
População atendida 2 ou 3 vezes na semana	7.135	48,35	37,87	2.202	48,607	38,22	4.933	48,2	37,72
PIB per capita do município	13.344	18.289	24.562	3.848	19.811	20.645	9.496	17.671	25.957
Possui projeto de educ. ambiental (dummy)	13.336	0,23	0,42	3.848	0,43	0,49	9.488	0,14	0,35
Proporção gasta com saneamento	11.612	0,02	0,03	3.237	0,02	0,03	8.375	0,02	0,03

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.4 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região sul do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$
Total de RPU e RDO coletado (log)	5.324	7,29	1,6	2.900	7,23	1,64	2.424	7,35	1,74
População atendida por serviços de coleta (log)	4.272	8,91	1,3	2.327	8,89	1,31	1.945	8,94	1,38
Despesas públicas com RSU	4.050	6,4	5,7	2.202	2,9	9,1	1.848	1,1	8,4
Despesas privadas com RSU	4.060	1,6	1,1	2.209	9,5	3,5	1.851	2,4	1,5
Cooperativas de Catadores (dummy)	3.745	0,3	0,45	2.029	0,29	0,45	1.716	0,31	0,46
Cobra por serviços de limpeza (dummy)	5.613	0,78	0,41	3.052	0,79	0,4	2.561	0,77	0,41
Total coletado por coleta seletiva (log)	2.202	-1,93	1,61	1.274	-1,93	1,63	928	-1,92	1,57
População atendida com frequência diária	5.617	21,16	29,81	3.052	22,23	30,5	2.565	19,89	28,91
População atendida 2 ou 3 vezes na semana	5.617	64,21	34,24	3.052	63,74	34,48	2.565	64,77	33,94
PIB per capita do município	9.504	21.350	14.154	5.112	20.949	12.820	4.392	21.817	15.551
Possui projeto de educ. ambiental (dummy)	9.504	0,28	0,45	5.112	0,4	0,49	4.392	0,14	0,34
Proporção gasta com saneamento	8.066	0,01	0,02	4.297	0,01	0,02	3.762	0,01	0,024

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.5 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região centro-oeste do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$	Observ.	Média	$\sigma$
Total de RPU e RDO coletado (log)	1.410	7,97	1,73	543	8,39	1,85	867	7,71	1,59
População atendida por serviços de coleta (log)	1.166	9,23	1,3	442	9,53	1,45	724	9,04	1,17
Despesas públicas com RSU	865	3,2	1,9	356	3,4	1,7	509	3,1	2,1
Despesas privadas com RSU	838	3,4	2,3	346	7,6	3,5	492	4,9	1,6
Cooperativas de Catadores (dummy)	966	0,17	0,38	398	0,25	0,43	568	0,125	0,33
Cobra por serviços de limpeza (dummy)	1.483	0,19	0,39	569	0,19	0,39	914	0,188	0,39
Total coletado por coleta seletiva (log)	209	-3,26	1,7	106	-3,58	1,66	103	-2,93	1,68
População atendida com frequência diária	1.488	46,36	35,15	576	51,28	34,47	912	43,25	35,23
População atendida 2 ou 3 vezes na semana	1.487	44	34,53	576	41,44	34,11	911	45,92	34,71
PIB per capita do município	3.728	20.826	19.388	1.320	21.164	19.039	2.408	20.641	19.579
Possui projeto de educ. ambiental (dummy)	3.728	0,29	0,45	1.320	0,53	0,49	2.408	0,16	0,37
Proporção gasta com saneamento	2.924	0,01	0,07	1.005	0,01	0,03	1.919	0,01	0,08

Fonte: elaboração própria.

## Apêndice B: lista de tabelas contendo os coeficientes do efeito placebo para 1 ano antes do PMGIRS

Tabela B.1 - Efeito placebo do impacto da PNRS em todos os municípios brasileiros

Variável	Efeito em log (Brasil)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,042	-0,014	-0,039	-0,093
Serviço de coleta	0,016	0,005	-0,013	-0,015
Resíduos recuperados	0,116	0,158	0,505***	0,537**
Frequência da coleta	-0,069	-0,038	0,099	0,231
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.2 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região nordeste do Brasil

Variável	Efeito (Nordeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,23	-0,26	-0,39	-0,304
Serviço de coleta	0,099	0,188	0,198	0,169
Resíduos recuperados	0,961	1,221	3,644**	3,963**
Frequência da coleta	0,027	-0,234**	-0,376	-0,211
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.3 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região norte do Brasil

Variável	Efeito (Norte)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	0,178	0,191	0,539	0,129
Serviço de coleta	-0,05	-0,206	-0,06	-0,301
Resíduos recuperados	2,457**	2,195*	-	-
Frequência da coleta	0,106	0,177	0,458	0,074
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.4 – Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região sudeste do Brasil

Variável	Efeito (Sudeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,022	-0,036	-0,069	-0,122
Serviço de coleta	0,011	0,012	0,02	0,02
Resíduos recuperados	0,335	0,343*	0,509***	0,570***
Frequência da coleta	-0,048	-0,024	-0,138	-0,232
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.5 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região centro-oeste do Brasil

Variável	Efeito (Centro-Oeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	0,06	-0,089	-0,005	-0,002
Serviço de coleta	0,018	0,043	-0,015	-0,012
Resíduos recuperados	0,554	0,388	-	-
Frequência da coleta	0,176	-0,011	-0,535	-0,170
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.6 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região sul do Brasil

Variável	Efeito (Sul)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,068	0,021	-0,029	-0,091
Serviço de coleta	0,012	-0,03	-0,06	-0,085
Resíduos recuperados	-0,257*	-0,193	0,143	0,348
Frequência da coleta	-0,071	-0,045	-0,202	-0,245
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: \*\*\* p<0.01; \*\* p<0.05; \* p<0.1

Fonte: elaboração própria.