

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – CCSA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA – PIMES**

ANDREWS AUGUSTO DINIZ BARROS

**Densidade Urbana e Zoneamento: uma Avaliação do Impacto da
Lei dos 12 Bairros na Cidade do Recife**

RECIFE
2018

ANDREWS AUGUSTO DINIZ BARROS

**Densidade Urbana e Zoneamento: uma Avaliação do Impacto da
Lei dos 12 Bairros na Cidade do Recife**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia – PIMES do Departamento de Economia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Economia.

Área de Concentração: Economia Urbana
Orientador: Raul da Mota Silveira Neto

RECIFE
2018

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

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS DE:

ANDREWS AUGUSTO DINIZ BARROS

A comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência dos dois primeiros, considera o Candidato Andrews Augusto Diniz Barros **APROVADO**.

Recife, 26/02/2018.

Professor Doutor Raul da Mota Silveira Neto
(Orientador)

Professora Doutora Tatiane Almeida de Menezes
(Examinadora Interna)

Professor Doutor Diego Firmino Costa da Silva
(Examinador Externo)

Professor Doutor André Luis Squarize Chagas
(Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo apoio necessário para superar minhas dificuldades e que eu conseguisse atingir meus objetivos.

Aos meus amigos que fizeram parte dessa jornada, sempre contribuindo direta ou indiretamente para a minha formação.

A minha namorada Marília, pela sua paciência e carinho nos momentos de apreensão.

A esta universidade, seu corpo docente, coordenação e equipe administrativa que me auxiliaram em todo período vigente.

Aos professores Raul da Mota Silveira Neto, Diego Firmino Costa da Silva, Tatiane Almeida de Menezes e André Luiz Squarize Chagas, por toda paciência, dedicação, correções e incentivos.

Por fim, agradeço a FACEPE pelo apoio financeiro deste estudo.

“A persistência é o menor caminho do êxito”.

Charles Chaplin

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo compreender como restrições do uso da terra, no ambiente urbano, podem afetar o adensamento populacional nas regiões abrangidas e não abrangidas pela lei. Diante disso, explorou-se a heterogeneidade gerada através da Lei Municipal nº 16.179, também conhecida como a Lei dos Doze Bairros; pois esta limita a altura dos edifícios apenas em alguns, mas não todos, bairros do Recife. Com a base de informações do Censo Demográfico fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi possível usar uma estratégia espacial de Diferença em Diferenças para mostrar que a restrição não gerou efeito sobre as regiões afetadas pela lei (regiões tratadas), mas provocou um transbordamento populacional para as regiões não afetadas pela lei (regiões não tratadas). Os resultados principais indicam que houve um aumento em torno de 37% para as regiões não tratadas. A estratégia utilizada e os resultados são fundamentados por alguns testes de robustez.

Palavras-Chave: Restrição do uso da terra urbana. Diferença em Diferenças espacial. Brasil.

ABSTRACT

This paper aims to understand how land use restrictions, in the urban environment, could affect population densities in regions covered and non-covered by the law. We explored a heterogeneity arisen from the enactment of a city-level Height-Restriction-Law (Municipal Law No. 16.719/2001), also known as Twelve Neighborhoods Law, which limited how tall buildings could get in some, but not all, neighborhoods of Recife. With the set of information by the Demographic Census provided by the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), we were able to use a spatial Difference in Differences strategy to show that restriction had no effect on regions affected by the law (treated regions), but caused a spillover effect to regions not affected by the law (untreated regions). The main results indicate that there was an increase by around 37% for the untreated regions. The strategy used and our findings are grounded for some robustness checks.

Keywords: Urban land-use restrictions. Spatial Difference in Differences. Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Brasil, Recife e ARU.....	11
Figura 2 – Compatibilizações dos setores censitários de 1991, 2000 e 2010	22
Figura 3 – Áreas de especificação	23
Figura 4 – Outras especificações	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas.....	24
Tabela 2 – Resultados	25
Tabela 3 – Resultado completo do modelo SDEM.....	26
Tabela 4 – Teste de robustez com matriz alternativa.....	27
Tabela 5 – Resultados da especificação (a).....	28
Tabela 6 – Resultados da especificação (b).....	29
Tabela 7 – Resultados da especificação inicial com densidade domiciliar	30
Tabela 8 – Resultados da especificação (a) com densidade domiciliar	31
Tabela 9 – Resultados da especificação (b) com densidade domiciliar	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 Restrição no Uso da Terra Urbana e Densidade Populacional	13
2.2 Restrição no Uso da Terra Urbana em Recife, Brasil	17
3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA	18
3.1 O Modelo Espacial de Diferença-em-Diferenças	18
3.2 Dados.....	21
4 RESULTADOS	24
4.1 Estatísticas Descritivas	24
4.2 Estimação do Modelo Econométrico	25
5 TESTES DE ROBUSTEZ.....	27
6 IMPACTO SOBRE O ADENSAMENTO DOMICILIAR.....	30
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE A – RESULTADOS DA ESPECIFICAÇÃO INICIAL COM A MATRIZ DE VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS.....	36
APÊNDICE B – RESULTADOS DA ESPECIFICAÇÃO (A) COM A MATRIZ DE VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS.....	37
APÊNDICE C – RESULTADOS DA ESPECIFICAÇÃO (B) COM A MATRIZ DE VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS.....	38

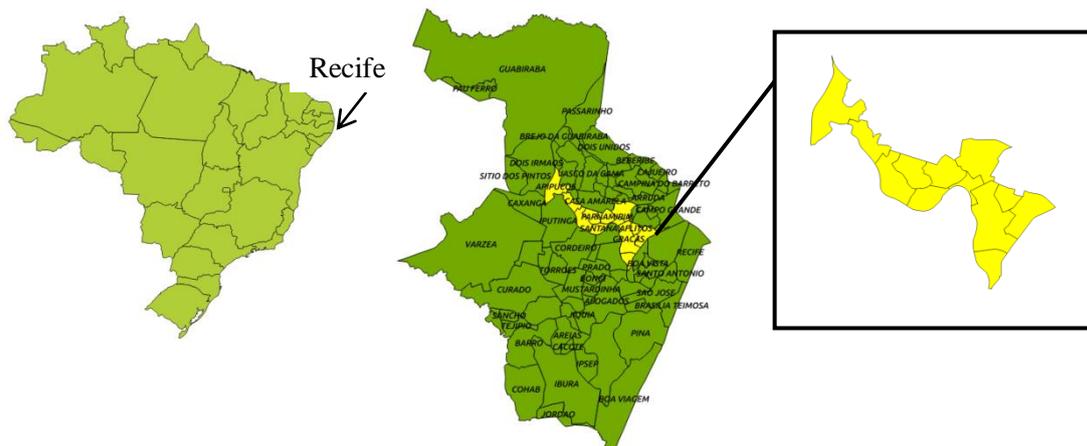
1 INTRODUÇÃO

A taxa de urbanização de países latino-americanos cresceu de 22% em 1920 para 63% em 1980 (INGRAM e CARROL, 1981). Embora isso tenha sido relatado a mais de 35 anos, evidenciou que a urbanização desses países ocorreu de maneira muito acelerada. No Brasil, nos últimos quarenta anos, essa taxa aumentou cerca de 30% atingindo aproximadamente 85% em 2010 (IBGE, 2017).

Diante disso, a rápida urbanização pode causar vários problemas sociais, visto que as cidades não tenham tempo para adaptar sua infraestrutura. De acordo com Fujita (1989), a concentração de pessoas causa vários tipos de externalidades, sendo elas positivas ou negativas, onde as principais vantagens são a provisão de bens públicos e serviços para essas localidades; por outro lado, o crescimento excessivo da densidade populacional diminui a qualidade ambiental, visto que ela é associada à maior barulho, lixo, crime, diminuição das áreas verdes e congestionamento.

Em Recife, a quarta capital brasileira com maior densidade populacional, o cenário de desenvolvimento urbano parece refletir bem a rápida ocupação urbana no país. Em 1996, foi promulgada a Lei do Uso e Ocupação do Solo, permitindo grandes edifícios na maioria dos distritos da cidade, mas também delimitando áreas com tratamento especial no uso do solo por razões naturais e características próprias. Diante disso, uma alternativa para amenizar problemas decorrentes do adensamento e verticalização de construções nesses distritos foi aplicar uma medida regulatória sobre o uso da terra urbana. O Conselho de Desenvolvimento Urbano de Recife estabeleceu as Áreas de Reestruturação Urbana - ARU (representado na Figura 1), no qual em 30 de novembro de 2001 foi promulgada a Lei dos 12 bairros.

Figura 1 – Brasil, Recife e ARU



A justificativa para nova lei representa o clássico argumento econômico para zoneamento (MCDONALD e MCMILLEN, 2012). Especificamente, a lei limita a altura dos edifícios em doze bairros da cidade para condicionar o uso e a ocupação do solo à oferta de infraestrutura, à tipologia arquitetônica e à paisagem urbana existente.

Apesar da importância desta Lei, poucos são os estudos que procuram analisar seus impactos. Em um dos poucos casos, Dantas (2016) analisou o impacto da Lei dos 12 bairros no preço de apartamentos e casas. Para atingir esse objetivo, a autora usou um procedimento metodológico baseado na diferença entre dois cortes transversais acerca de RDD geográficos, um antes da implantação da lei, e outro a partir da lei em diante. Os resultados encontrados nesse trabalho indicam que houve uma redução de preço para casas e um aumento de preço para apartamentos. A justificativa para esses resultados é que o preço das casas caiu por causa da redução do potencial econômico da terra, enquanto o preço dos apartamentos aumentou por causa da restrição de oferta.

A maioria dos estudos analisa a relação entre a regulação do uso da terra urbana e o preço dos imóveis (QUIGLEY e RAPHAEL, 2005; IHLANFELDT, 2007; GLAESER e WARD, 2009). Enquanto relativamente poucos estudos na literatura analisam o impacto da regulação do uso da terra sobre novas construções (MAYER E SOMERVILLE, 2000; KNAPP et al, 2007; JACKSON, 2014). Os resultados encontrados nesses estudos mostram ser de acordo com o esperado teoricamente, ou seja, a regulação do uso da terra provoca uma redução no crescimento da oferta de novas construções. Diante disso, é natural pensar que essa redução de oferta pode afetar também o crescimento demográfico dessas regiões.

Outro importante questionamento é a magnitude do efeito que a regulação do uso da terra urbana gera em um contexto espacial. Antes da delimitação da lei, não há um divisor notório entre as localidades que seriam impostas pela lei e regiões que não foram abrangidas pela lei. A partir do momento da implantação da lei, há um divisor notório entre o potencial econômico da terra entre as demais localidades. Partindo desse princípio, um dos possíveis efeitos seria um aumento de demanda para as localidades com potencial econômico de terra maior.

Diante do que já foi estudado, esse estudo busca novas complementações acerca do efeito da regulação do uso da terra. O intuito desse trabalho é medir o impacto urbano da regulação sobre a densidade populacional. Especificamente, analisa-se o impacto causal da limitação das alturas dos edifícios na densidade populacional tanto nas regiões que foram

afetadas pela lei, quanto pelas regiões vizinhas a essas. Uma das razões para a aplicação desse trabalho é que Rosarinho, um bairro vizinho da área da lei, foi o que mais cresceu em termo populacional na cidade do Recife, crescendo em torno de 54% entre 2000 e 2010. Ou seja, pretende-se identificar se a lei além de impactar as regiões limitadas, também pode ter ocasionado um transbordamento populacional para regiões vizinhas.

Ademais, constatou-se que não há estudos empíricos na literatura que analisam intrinsecamente o impacto da regulação do uso da terra sobre a densidade demográfica para regiões afetadas e não afetadas pela regulação. Para atingir esse objetivo, usa-se um conjunto de dados dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010, assim como uma estratégia para identificar o efeito da política baseado no estimador espacial de diferença-em-diferenças (SDID).

Além desta introdução, esse trabalho é organizado em seis seções. A próxima seção fornece uma revisão na literatura acerca da restrição do uso da terra e aborda alguns importantes questionamentos sobre impacto na densidade populacional. Na seção 3, aborda-se a metodologia a ser aplicada, a estrutura dos dados e o processo de identificação. Na seção 4, abordam-se os principais resultados e discussão. Na seção 5, consideram-se outras especificações como testes de robustez. Na seção 6, apresentam-se os impactos da intervenção urbana sobre a densidade domiciliar. Por fim, apresentam-se as considerações finais e implicações do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Restrição no Uso da Terra Urbana e Densidade Populacional

Um foco importante de estudos da Economia Urbana é avaliação de políticas públicas, mas de forma surpreendente, os estudos sobre regulamentação governamental no planejamento do uso da terra urbana tendem a se concentrar mais nos impactos sobre os preços e a oferta de residências, e menos sobre a densidade populacional. Essas restrições são justificáveis pela existência de algumas externalidades negativas associada ao uso da terra urbana (BAILEY, 1959; ARNOTT E MACKINNON, 1977; QUIQLEY, 2007; MCDONALD e MCMILLEN, 2012). Neste sentido, alguns autores na literatura vêm estudando se essas intervenções públicas interferem no bem estar dos cidadãos (BRUECKNER, 1998; SHEPPARD, 2004; TURNER, HAUGHWOUT E KLAAUW, 2014).

Duarte et al (2014) argumentam que a limitação da altura dos prédios tem algumas justificativas específicas, procurando resolver os problemas associados às externalidades negativas causadas pelo grande adensamento populacional. Tais problemas podem ser vistos de forma desagregada, ou seja, existem problemas diretos e indiretos. Dentre os problemas diretos, há uma limitação na vista dos indivíduos, acesso limitado para abrir novos espaços e mudanças na composição da arquitetura local. Dentre os problemas indiretos, observa-se um aumento de poluição e congestionamento de serviços de infraestrutura urbana.

É importante mencionar que a maioria dos trabalhos nesse contexto analisa a relação entre regulamentação do uso da terra e impacto nos preços dos imóveis (QUIGLEY e ROSENTHAL, 2005; QUIGLEY, 2007; MCDONALD e MCMILLEN, 2012), enquanto o intuito deste trabalho é analisar o impacto que esse efeito pode causar sobre a densidade populacional tanto dos locais afetados por essa política, quanto dos locais vizinhos que não foram afetados. Ou seja, será que a imposição do limite de um número máximo de residentes por área, o que equivale ao limite das alturas dos prédios, pode interferir na demanda por moradia nas localidades que foram e localidades vizinhas que não foram sujeitas a essa restrição? Nesse contexto, segue-se a abordagem teórica de Bertaud e Brueckner (2005).

No trabalho dos referidos autores citado acima, foi usada uma estrutura de modelo monocêntrico para analisar os impactos das restrições da altura dos edifícios através da limitação do “*floor area ratio*” (FAR). Diante disso, os autores avaliam os efeitos do modelo através da presença ou não das restrições já mencionadas. Na ausência de restrições tem-se a seguinte configuração:

$$r(\bar{x}, u) = r_a \quad (1)$$

$$\int_0^{\bar{x}} \theta x \frac{h(S(x,u))}{q(x,u)} dx = N \quad (2)$$

onde r_a é o rendimento de terras agrícolas, N é a população, u é o nível de utilidade dos moradores, x é a distância do “*central business district*” (CBD), \bar{x} é a fronteira da cidade, h é a forma intensiva da função de produção, S é a relação capital-para-terra, logo $h(S)$ fornece o espaço de habitação por unidade de terra, q é o espaço de moradia ao quadrado, $\theta \leq 2\pi$ é o número constante de radianos de terra disponíveis para habitação.

Tem-se então que a relação $\frac{h(S(x,u))}{q(x,u)}$ fornece a quantidade de moradias por unidade de terra, que por sua vez, é igual a densidade populacional. Multiplicando a densidade pela área do anel na distância, que é igual a θx , e fazendo isso até a fronteira da cidade, obtém-se N .

Com a presença de restrições, tem-se que $h(S) \leq \hat{h}$, onde \hat{h} representa o limite FAR, ou seja, até uma dada distância do CBD será aplicada uma restrição de uso da terra. Seja \hat{x} essa distância, então se apresenta três condições de equilíbrio:

$$r(\bar{x}_1, u_1) = r_a \quad (3)$$

$$h(S(\hat{x}, u_1)) = \hat{h} \quad (4)$$

$$\int_0^{\hat{x}} \theta x \frac{\hat{h}}{q(x,u)} dx + \int_{\hat{x}}^{\bar{x}} \theta x \frac{h(S(x,u_1))}{q(x,u)} dx = N \quad (5)$$

onde na equação (4), tem-se que a função de produção na distância \hat{x} será exatamente \hat{h} . Na equação (5), nota-se que a primeira integral força que a função de produção h seja constante ao longo do tempo, ou seja, ela não aumenta à medida que x cai, logo, a restrição tende a reduzir a densidade populacional na parte central da cidade.

Como a população no modelo é fixa, tem-se então que em alguma distância do CBD até a fronteira irá ter uma densidade maior do que no caso que não há restrição. Ou seja, como há uma diminuição na população central, será necessário acomodar certa quantidade de moradores em regiões mais distantes para satisfazer a condição de equilíbrio, no qual N já é definido (ver Bertaud e Brueckner, 2015, p. 113-116). Diante disso, o interesse desse trabalho é justamente investigar esse comportamento de acomodação populacional tanto nas regiões que foram afetadas pela restrição, quanto nas regiões que não foram afetadas por essa restrição.

Glaeser e Ward (2009) mostraram que essas políticas de restrição só aumentam o preço dos imóveis quando a densidade e demografia dos residentes não são controladas. A incorporação de tais variáveis faz com que a relação da política de restrição do uso da terra urbana e preços percam significância estatística. Tal resultado pode ter relação entre a possibilidade da troca entre unidades de moradia na área geográfica estudada.

Turner, Haughwout e Klaauw (2014) tiveram como objetivo avaliar o efeito da regulamentação do uso da terra sobre o valor da terra e bem-estar. Um ponto interessante

nesse trabalho é a decomposição dos efeitos da regulação em três componentes: um efeito próprio, que descreve o custo de restrições regulatórias para um proprietário sobre o uso de seu espaço; um efeito externo, que reflete o valor das restrições regulatórias sobre os vizinhos; e um efeito de oferta, que reflete o efeito da escassez regulada de terras desenvolvíveis. A partir disso, os autores conseguem estimar um efeito razoavelmente causal em cima do objetivo do trabalho, chegando à conclusão que a regulação apresenta grandes efeitos negativos sobre o valor da terra e bem-estar.

Os autores também analisam de forma desagregada o efeito próprio e o efeito externo, no qual chegam à conclusão que suas estimativas são consistentemente negativas e são robustas a mudanças de especificação, controles e amostra. Mas, mesmo sendo o efeito externo razoavelmente preciso, não é suficientemente preciso para confiar inteiramente no sinal negativo encontrado nesse efeito.

Nesse caso, evidencia-se que os efeitos da regulação geram efeitos tanto nas áreas afetadas pela política quanto das áreas vizinhas, mostrando ser relevante a abordagem dessa problemática para estudos sobre restrição do uso da terra. Uma boa forma de captar esses efeitos é uma análise espacial de diferença-em-diferenças, no qual já é estudado na literatura em algumas áreas.

Chagas et al (2016) apesar de não estudarem efeitos da política de restrição do uso da terra e impacto na densidade populacional, eles analisam o impacto da produção de cana-de-açúcar em doenças respiratórias, no qual conseguem captar o efeito nas regiões vizinhas não produtoras, além de incluir efeitos nas regiões produtoras. As suas estimações sugerem que os efeitos nas regiões tratadas (regiões produtoras) são 78% maiores caso os efeitos sobre as regiões não tratadas (regiões vizinhas) fossem ignoradas. Além do mais, os efeitos nas áreas vizinhas, tipicamente ignoradas em outros estudos, são relevantes e apresentando efeitos similares comparado com as regiões produtoras. Com isso, evidenciando ser um modelo bastante plausível para estudar efeitos nos tratados e não tratados em diversas áreas de pesquisa.

Seguindo a proposta de Chagas et al (2016) e Delgado et al (2015), este trabalho propõe uma análise espacial a partir da estratégia de diferença-em-diferenças no qual ainda não foi empregada para estudar questões urbanas brasileiras no âmbito de regulação do uso da terra.

2.2 Restrição no Uso da Terra Urbana em Recife, Brasil

Fundada em 12 de março de 1537, a cidade do Recife tem algumas peculiaridades em sua formação histórica. Inicialmente, foi uma cidade baseada em um comércio portuário, contribuindo fortemente para o desenvolvimento do comércio na região através da exportação de sua grande produção açucareira. As primeiras áreas urbanas foram guiadas pela prestação de serviços, estas eram localizadas próximo ao centro, particularmente nos distritos centrais de Boa Vista, São José e Santo Antônio. Com o passar do tempo e o crescimento da cidade, devido à composição natural da cidade, a presença do Rio Capibaribe foi um determinante essencial para o surgimento de outras áreas urbanas não tão distantes da parte oriental da cidade. Durante esta evolução, o transporte público facilitou esse movimento e permitiu o desenvolvimento de outros distritos localizados próximos ao centro expandido da cidade, incluindo os distritos das Graças, Derby, Espinheiro e Aflitos. A forte dependência histórica da exportação de açúcar e tradição de prestação de serviços, guiadas por um escopo de políticas urbanas limitadas, condicionaram ao lento espriamento populacional relativo ao centro da cidade, provocando assim um aumento da densidade nos distritos da parte central.

Diante desse processo, a cidade do Recife apresenta uma população aproximada de 1.6 milhões de habitantes distribuídos em uma área territorial de apenas 217 km², sendo atualmente a quarta capital brasileira com maior densidade populacional, apresentando 7.039,64 hab/km² (IBGE, 2017). Sua área urbana é caracterizada por ter vários distritos com alta densidade populacional, além do mais, com uma maior facilidade de obtenção de crédito habitacional, resulta-se em áreas com mais sensibilidade às mudanças demográficas.

Em 1996, foi promulgada a Lei do Uso e Ocupação do Solo, no qual definiu quatro zonas de urbanização: Zonas de Urbanização Preferencial - ZUP; Zonas de Urbanização de Morros - ZUM; Zonas de Urbanização Restrita - ZUR; e Zonas de Diretrizes Específicas - ZDE. No âmbito geral, nas Zonas de Urbanização Preferencial, a lei permitiu a construção de grandes edifícios em quase todos os distritos da cidade, mas se tratando das Zonas de Urbanização de Morros, Zonas de Urbanização Restrita e Zonas de Diretrizes Específicas, houve um tratamento especial para o uso e ocupação do solo, pois estas zonas são acarretadas por solo de baixo potencial construtivo (ZUM), carência/ausência de infra-estrutura básica (ZUR) e zonas especiais de preservação de patrimônio histórico-cultural, proteção ambiental, interesse social, atividades industriais, centros e aeroporto (ZDE).

Devido à permissão da construção de grandes edifícios na maioria dos distritos da cidade, o Conselho de Desenvolvimento Urbano de Recife estabeleceu as Áreas de Reestruturação Urbana com fim de amenizar dois grandes problemas, um sistema rodoviário sobrecarregado e um sistema sanitário prejudicado. Em 30 de novembro de 2001, foi promulgada a Lei de Reestruturação Urbana (ARU) - Lei dos 12 bairros (Lei 16.719/01), estabelecendo novas diretrizes em 12 bairros: Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e Tamarineira.

As restrições envolvidas na lei implicaram em limite na altura dos edifícios em torno de 12, 36 e 60 metros nos bairros já então mencionados. Na região que foi limitada a 12 metros, a justificativa da lei foi preservar a paisagem natural, visto que os bairros afetados foram aqueles que bordam o Rio Capibaribe; na região que foi limitada a 36 metros, a justificativa foi preservar a tipologia arquitetônica ainda existente; e na região que foi limitada a 60 metros, a justificativa foi fornecer um equilíbrio entre a área construída e a oferta de infraestrutura viária.

3 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

3.1 O Modelo Espacial de Diferença-em-Diferenças

Como de costume em estudos espaciais, precisa-se ter noção de que as regiões apresentam alguma relação entre elas para fazer tal análise, possibilitando a propagação de efeitos nas regiões onde foram afetadas pela política (região tratada) e nas áreas vizinhas (regiões não tratadas).

Delgado e Florax (2015) desenvolveram um modelo que possibilita uma correlação espacial nos tratamentos e uma interação espacial nas respostas do tratamento. Essa interação espacial significa que o efeito do tratamento existe direta ou indiretamente, pois os resultados potenciais não são independentes. Os efeitos de tratamento indiretos são chamados de *spillovers*, resultando uma espécie de contágio. Em adição a isso, Chagas et al (2016) incorporaram efeitos tradicionais de econometria espacial em seu modelo, possibilitando assim, capturar o efeito dos vizinhos na variável de interesse, assim como controlar por similaridades não observadas que sejam comum a todos.

Seguindo a idéia dos mesmos autores citados anteriormente, é importante incorporar o “*Stable Unit Treatment Value Assumption*” (SUTVA) (RUBIN, 1978, 1990), o que implica

que os resultados potenciais de cada indivíduo não são correlacionados com os demais. A violação do SUTVA indica interferência ou interação social, invalidando o efeito causal proposto na metodologia, no qual será explicado mais adiante.

Modela-se com o setup básico de diferença-em-diferenças usando econometria espacial de tal forma que irá decompor o efeito direto e o efeito indireto. O setup básico DID é dado por:

$$y_{it} = \alpha_i + \theta_t + \delta LEI_{it} + \mu(\mathbf{X}_{it}) + \epsilon_{it} \quad (6)$$

onde y_{it} representa o (log) da densidade do setor censitário i durante o período t . O indicador de tratamento binário é definido por LEI_{it} , que toma valor igual a um no setor censitário i que foi afetado pela lei durante o período t , e zero caso contrário. O vetor de controle é definido por \mathbf{X}_{it} , contendo informações das características relevantes do setor censitário. Os efeitos fixos de espaço e ano são definidos respectivamente por α_i e θ_t , e μ relaciona \mathbf{X}_{it} para y_{it} .

Tem-se então que o efeito causal causado pela restrição do uso da terra seria o parâmetro δ , ou seja, o coeficiente representa a diferença média da variável de interesse depois da imposição da lei menos a diferença média da variável de interesse antes da imposição da lei para setores censitários tratados e não tratados.

$$ETM = \Delta E(y_{it} | \alpha_i, \theta_t, \mathbf{X}, LEI)_{tratados} - \Delta E(y_{it} | \alpha_i, \theta_t, \mathbf{X}, LEI)_{n\tilde{a}o-tratados} = \delta \quad (7)$$

Então, a operacionalização da interação espacial nas respostas do tratamento será abordada por uso de um operador de atraso espacial L^S , definido como W^S , que é uma matriz de pesos espaciais. O setup básico do modelo espacial de diferença-em-diferenças é dado a seguir:

$$y_{it} = \alpha_i + \theta_t + (\delta + \rho W_i^S) LEI_{it} + \mu(\mathbf{X}_{it}) + \epsilon_{it} \quad (8)$$

onde ρ descreve a força da dependência espacial na amostra de observações, ou seja, esse parâmetro vai indicar o efeito indireto do tratamento em todas as regiões (tratadas e não tratadas). Agora pode se calcular os três efeitos que o modelo captura: ETM (Efeito de Tratamento Médio), ETMT (Efeito de Tratamento Médio nos Tratados) e ETMNT (Efeito de Tratamento Médio nos Não-Tratados).

$$ETM = \Delta E(y_{it} | \alpha_i, \theta_t, \mathbf{X}, LEI)_{tratados} - \Delta E(y_{it} | \alpha_i, \theta_t, \mathbf{X}, LEI)_{n\tilde{a}o-tratados} = \delta \quad (9)$$

$$ETMT = \Delta E(y_{it} | \alpha_i, \theta_t, \mathbf{X}, LEI)_{tratados} = \delta + \rho W_i^S LEI_{it} \quad (10)$$

$$ETMNT = \Delta E(y_{it} | \alpha_i, \theta_t, \mathbf{X}, LEI)_{\text{n\~{a}o-tratados}} = \rho \mathbf{W}_i^S LEI_{it} \quad (11)$$

Como argumentaram Chagas et al (2016), essas expressões tornam claro o viés que poderia ser causado apenas usando a metodologia *diff-in-diff*, visto que ela não captura a interação espacial no efeito de tratamento representada por $\rho \mathbf{W}_i^S LEI_{it}$.

Até aqui se tem o caso restrito de Delgado e Florax (2015), não capturando efeitos tradicionais nas interações espaciais, como no *Spatial Lag of X Model* (SLX) e *Spatial Error Model* (SEM). Para incluir essas interações, assim como Chagas et al (2016), será necessário primeiramente considerar o modelo em notação matricial, visto que os dados são estruturados em dados de painel, então tem-se que:

$$Y_t = \alpha + \theta_t + (\delta + \rho \mathbf{W}^S) LEI_t + \mu(\mathbf{X}_t) + \epsilon_t \quad (12)$$

Onde $Y_t = (Y_{1t}, \dots, Y_{nt})$, é um vetor $nt \times 1$ de observações, $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$, é um vetor $nt \times 1$ de efeitos-fixos regionais, $\theta_t = (\theta_1, \dots, \theta_t)$, é um vetor $nt \times 1$ de efeitos-fixos de tempo, $\mathbf{X}_t = (\mathbf{X}_{1t}, \dots, \mathbf{X}_{nt})$, é uma matriz $nt \times k$ de covariáveis, $LEI_t = (LEI_1, \dots, LEI_t)$, é uma variável *dummy* indicando regiões tratadas, \mathbf{W}^S é uma matriz $n \times n$ de pesos espaciais¹, e $\epsilon_t = (\epsilon_{1t}, \dots, \epsilon_{nt})$, é um vetor $nt \times 1$ de erros. Os parâmetros a serem estimados são δ e ρ .

Então, a partir da decomposição da matriz \mathbf{W}^S , tem-se que o modelo pode ser definido como:

$$Y_t = \alpha + \theta_t + [\delta + (\rho_1 \mathbf{W}_{T,T}^S + \rho_2 \mathbf{W}_{NT,T}^S)] LEI_t + \mu(\mathbf{X}_t) + \epsilon_t \quad (13)$$

onde, ρ_1 significa o efeito vizinhança da região tratada na região tratada, e ρ_2 significa o efeito vizinhança da região tratada na região não tratada. O ponto chave da construção dessa matriz é que além de capturar o efeito externo que as regiões tratadas impactam as regiões não tratadas, ela consegue captar o efeito interno das próprias regiões tratadas.

Diante disso, incluem-se as características dos vizinhos na regressão, como no modelo SLX, visto que elas são componentes que podem explicar o adensamento populacional nessas regiões, e além do mais, nesse tipo de regressão há uma flexibilidade para capturar os efeitos de *spillovers* espaciais. Tem-se então que:

$$Y_t = \alpha + \theta_t + [\delta + (\rho_1 \mathbf{W}_{T,T}^S + \rho_2 \mathbf{W}_{NT,T}^S)] LEI_t + \beta(\mathbf{X}_t) + \mathbf{W}^S \beta(\mathbf{X}_t) + \epsilon_t \quad (14)$$

¹ Para analisar a decomposição da matriz \mathbf{W}^S , ver Chagas et al (2016, p. 28-29).

onde também pode-se acrescentar um termo de erro, como no modelo SDEM:

$$\epsilon_t = \lambda W^s \epsilon_t + T_t \quad (15)$$

onde na equação (15), T_t é um vetor de erro, sem correlação espacial, e λ é o parâmetro de erro espacial a ser estimado.

O estimador a ser usado é o de máxima verossimilhança, pois a estimação baseia-se na rotina de Elhorst para modelos de dados de painel espacial (ELHORST, 2010a,b). De acordo com Elhorst (2010a), a vantagem de usar esse método é que se consegue elaborar rotinas para estimar modelo de dados de painel espacial incluindo o procedimento de correção de tendência proposto por Lee e Yu (2010), mas somente se o modelo de dados de painel espacial contém efeitos fixos e/ou efeito ano, estimativas de efeito direto e indireto, e uma estrutura que define qual o melhor modelo que descreve os dados.

3.2 Dados

Recife é um município brasileiro, capital do estado de Pernambuco, localizando-se na parte costeira no nordeste do Brasil. No último Censo realizado, o município tinha 1.537.704 habitantes, colocando como 1º colocado dentre os 185 municípios do mesmo estado. Comparando com os demais municípios do Brasil, Recife é o 9º colocado de 5.570. Sua densidade demográfica é de 7.039,64 habitantes por quilômetro quadrado, sendo o 2º no estado e 12º colocado no país (IBGE, 2017).

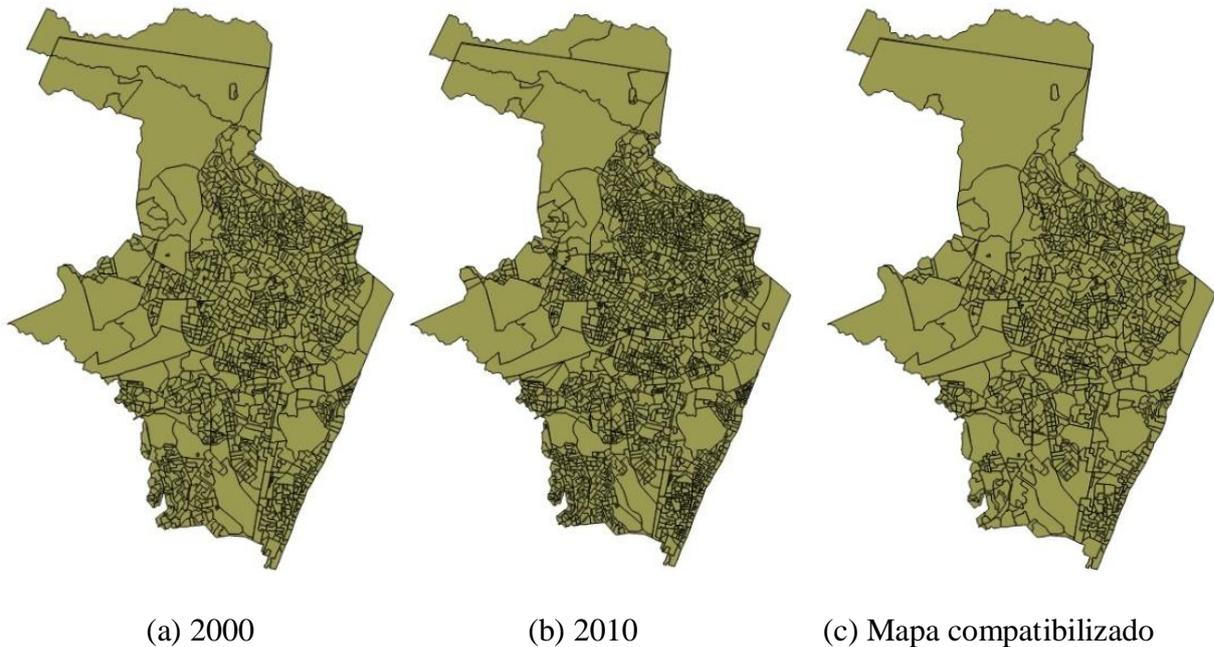
Para analisar o impacto da Lei dos Doze Bairros na densidade populacional em Recife, usam-se dados do Censo Demográfico para os anos de 1991, 2000 e 2010. Além do mais, o conjunto de dados disponíveis possibilitou desagregar os bairros em setores censitários que os compõem. A cidade era formada por 1.107 setores censitários em 1991, 1.212 em 2000, e 1.854 em 2010, tendo então que haver uma compatibilização dos setores para ser plausível a estimação do modelo, que posteriormente será sucintamente explicado.

O processo de compatibilização dos dados se deu justamente pela necessidade de se ter áreas comparáveis ao longo do período a ser analisado, e como há uma distinção entre os setores censitários ao longo dos períodos, foi necessário usar um software de SIG - Sistema de Informação Geográfica. Ademais, não havia informação acerca do mapa territorial de 1991, somente dos anos de 2000 e 2010, mas havia informação acerca da correspondência dos setores e subdivisão de setores entre todos os períodos. Na Figura 2 (a) tem-se o mapa de

2000; Na Figura 2 (b) tem-se o mapa de 2010; e na Figura 2 (c) tem-se o mapa compatível entre todos os períodos.

Nesse novo mapa, obteve-se um total de 962 setores censitários compatibilizados. Com isso, puderam-se realizar todos os procedimentos cabíveis para estimar o modelo sem nenhum problema de áreas não comparáveis entre todos os períodos.

Figura 2 – Compatibilizações dos setores censitários de 1991, 2000 e 2010



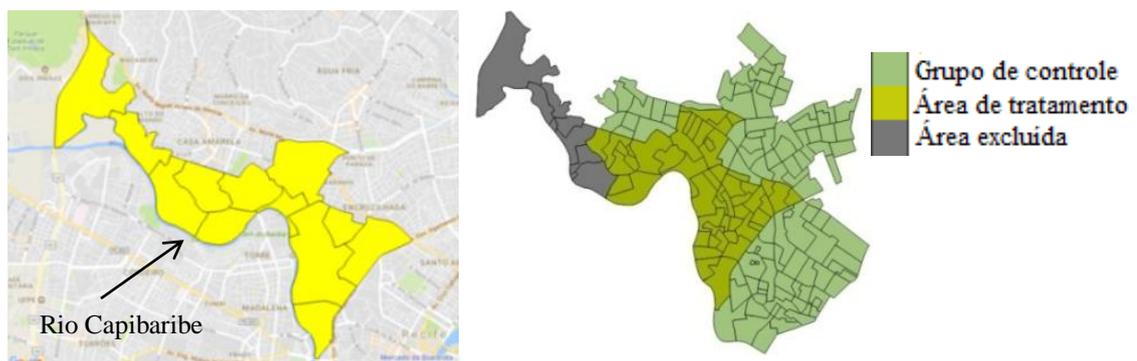
Um importante fator na composição dos dados é a não consideração de todos os setores censitários dos bairros afetados e seus vizinhos, pois alguns desses setores são afetados por outra política pública vigente, que são as Zonas Especiais de Interesse Social (ZEIS) – áreas de assentamentos habitacionais de população de baixa renda (renda familiar média igual ou inferior a três salários mínimos), carência ou ausência de serviços de infraestrutura básica, densidade habitacional não inferior a 30 residências por hectare. Ressalta-se também que essas áreas podem conter ou não favelas, além do mais, as favelas também estariam fora da análise.

A razão para descartar esse espaço amostral é que pode contaminar a análise, visto que essas políticas se diferem da política de regulação sobre o uso da terra urbana, ou seja, considerar todos os setores faria com que a análise não representasse bem o impacto do objetivo do trabalho, pois são duas políticas distintas, sendo a principal preocupada com a reestruturação urbana e a outra preocupada com assentamentos habitacionais para população

de baixa renda. Logo, o ideal seria considerar regiões sendo afetadas intrinsecamente apenas pela Lei dos 12 bairros. Isso também vale para as regiões não afetadas pela política, que são os vizinhos, ou seja, as regiões não afetadas não podem ser abrangidas por qualquer outra política.

Diante dos dados, sabe-se também que há uma dificuldade em abranger todos os vizinhos das regiões tratadas, visto que há barreiras naturais que possivelmente dificultaria o processo de *spillover* populacional, como é o caso do Rio Capibaribe, ou seja, não seria possível separar o efeito da política do efeito do rio. Portanto, a identificação do problema mais plausível seria a não consideração dos vizinhos que se localizam do outro lado do rio, pois se trata de um acidente natural que moldou de forma bastante acentuada as ocupações das duas margens, além do mais, não há pontes para a ligação entre as áreas dos dois lados.

Figura 3 – Áreas de especificação



Na Figura 3 tem-se o mapa para avaliar o efeito da política pública no adensamento populacional. Observa-se que há uma área excluída no grupo afetado pela lei, a justificativa para excluir tais observações é dada pela composição de outras políticas públicas vigentes nessas áreas, sendo composta por preservação ambiental, histórica e zonas de interesse social. Ao final, tem-se 51 setores tratados e 100 setores não-tratados. É importante mencionar também que em todas as regressões foram utilizadas tendências específicas para os setores censitários tratados, embora os resultados obtidos não dependam da consideração das mesmas. Tais tendências se justificam pela possibilidade de que tais setores tenham apresentado tendências diferenciadas ao longo do tempo, dadas as intervenções prévias e a dinâmica urbana da cidade.

4 RESULTADOS

4.1 Estatísticas Descritivas

Antes de qualquer interpretação dos dados, é importante ressaltar que há dois grupos de tratamento: um sendo afetado diretamente pela política e o outro sendo afetado indiretamente. Diante disso, as estatísticas descritivas foram geradas para os grupos de tratamento (diretamente), tratamento conjunto (diretamente e indiretamente) e controles, no qual são mostrados na Tabela 1.

Nota-se que houve um aumento respectivamente de 11,4% e 7,4% na densidade populacional entre 1991 e 2000 para os grupos de tratamento e tratamento conjunto. Enquanto que no grupo de controle, há uma redução de aproximadamente 7%. No período posterior, há um aumento substancial para o grupo de tratamento, em torno de 25,2%, o que não era esperado, visto que uma das justificativas para Lei dos Doze Bairros era o de controle de crescimento populacional. Além do mais, o tratamento conjunto indica um crescimento similar ao grupo de tratamento direto, sendo em torno de 24,6%. Já no grupo de controle, temos que há um crescimento de aproximadamente 6,4%, o que já era esperado teoricamente. Observa-se também que os serviços de água e saneamento são bastante parecidos, evidenciando que o grupo de controle em sua composição desses dois detrimetos é similar ao grupo de tratamento antes e após a política

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas

ANO/VARIÁVEIS	G. Tratamento			G. Tratamento Conjunto			G. Controle		
	N	Média	Dp	N	Média	Dp	N	Média	Dp
1991									
Dens. Populacional	50	8663,8	7705,9	75	7992,8	12760,4	76	9576,8	7805,3
Perc. Domic. Saneados	50	0,97	0,11	75	0,95	0,12	76	0,95	0,07
Perc. Domic. com Água	50	0,99	0,02	75	0,99	0,02	76	0,99	0,007
2000									
Dens. Populacional	50	9654,1	7561,3	75	8586,8	9902,3	76	8900,3	6593,5
Perc. Domic. Saneados	50	0,99	0,02	75	0,99	0,01	76	0,99	0,02
Perc. Domic. com Água	50	0,99	0,01	75	0,99	0,009	76	0,99	0,01
2010									
Dens. Populacional	50	12092,5	8232,2	75	10704,3	10680,2	76	9477,2	7029,2
Perc. Domic. Saneados	50	0,99	0,005	75	0,99	0,01	76	0,99	0,007
Perc. Domic. com Água	50	0,99	0,06	75	0,98	0,04	76	0,98	0,03

Fonte: Elaboração própria do autor.

4.2 Estimação do Modelo Econométrico

Nessa seção, encontram-se os resultados da estimação dos modelos econométricos. Estimaram-se três tipos de modelos. O primeiro é um modelo clássico de dados em painel com efeito fixo espacial e temporal, servindo como base para comparação de resultados. O segundo modelo incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Isso se refere ao *Spatial Lag of X model* (SLX), sendo sugerido por Elhorst e Vega (2017) para capturar *spillover* espaciais em estudos empíricos com variáveis de controle exógenas. Por último, estimou-se o modelo *Spatial Durbin Error Model* (SDEM). Nesse último caso, o melhor resultado foi selecionado com base no teste de multiplicador de Lagrange (ML) e ML robusto (ANSELIN et al, 1996; FLORAX et al, 2003). Inicialmente usa-se uma matriz de contigüidade, e posteriormente nos testes de robustez, varia-se o tipo de matriz e define-se o critério de seleção.

Tabela 2 – Resultados

Variável dependente: ln(densidade populacional)			
	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	-0.100381	-0.106890	-0.054915
$W_{T,T}^s$		0.016051	-0.026923
$W_{NT,T}^s$		0.473190***	0.365557***
R ²	0.2715	0.2987	0.9364
ML_lag	27.1667	18.8719	
p-Value	0.000	0.000	
ML_error	15.2271	7.3867	
p-Value	0.000	0.007	
rob ML_lag	42.0173	58.7338	
p-Value	0.000	0.000	
rob ML_error	30.0777	47.2485	
p-Value	0.000	0.000	
λ			0.283973***
N	151	151	151
T	3	3	3

Nota: Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** p < 0.001; ** p < 0.05; * p < 0.1.

Os resultados se encontram na Tabela 2. O modelo clássico em painel indica que a política não apresentou efeito sobre o grupo de tratamento, o que não era de todo esperado,

pois uma das justificativas da lei era controlar o adensamento populacional, mas é possível argumentar, contudo, que a Lei ao menos pode ter evitado um adensamento mais rápido na área tratada. Além do mais, de acordo com os resultados obtidos nos modelos espaciais, fica evidente que houve um transbordamento populacional para regiões vizinhas, ou seja, a política gerou um efeito reverso nas regiões não-tratadas, o que era esperado, pois de acordo com a teoria, haveria uma acomodação populacional nas demais regiões.

Todavia, introduziram-se controles espaciais como sugerido pelo teste de ML e ML robusto, indicando indiferença entre a defasagem espacial na variável dependente e no erro. Muito embora de acordo com Elhorst (2014), o poder desses testes ainda precisa ser mais investigado. Nesta situação, o efeito do transbordamento populacional para regiões não-tratadas é de aproximadamente 37% para o modelo SDEM.

Tabela 3 – Resultado completo do modelo SDEM

Variável dependente	ln(densidade populacional)	
R^2	0.9364	
$corr^2$	0.2937	
σ^2	0.0229	
log-likelihood	208.94913	
Nobs,Nvar,#FE	453,56,209	
#interações	16	
Min e Max λ	-0.9900, 0.9900	
Variável	Coefficiente	p-Value
Tratamento	-0.054915	0.825046
$W_{T,T}^S$	-0.026923	0.923923
$W_{NT,T}^S$	0.365557	0.008612
Saneamento	-0.104877	0.595991
Água	-1.562833	0.003712
W - Saneamento	0.694304	0.196356
W - Água	-1.208279	0.439292
λ	0.283973	0.000009

Nota: Foram incluídas variáveis de tendência temporal individuais para as regiões tratadas.

A Tabela 3 mostra os resultados completos do modelo SDEM. De acordo com os sinais das variáveis de controle, apresenta-se o que já era esperado. Regiões com menor acesso a água (saneamento não significativo) apresentam densidades maiores. Isso se dá pelo fato de que essas regiões geralmente são mais pobres, portanto há uma atração maior por

conta dos baixos custos de se viver nessas regiões. O parâmetro espacial (λ) controla os choques comuns na variável dependente em ambos os grupos, sendo ela positiva e significativa.

5 TESTES DE ROBUSTEZ

A fim de fornecer suporte adicional aos resultados, realizaram-se alguns testes de robustez para verificar se o efeito de transbordamento populacional ainda prevalece com outras especificações. Dada a natureza do trabalho empírico, os exercícios se baseiam em alternar o tipo de matriz e gerar outras especificações acerca do grupo de controle. No primeiro momento, verifica-se o mesmo grupo de tratamento e de controle com uma matriz alternativa. Essa matriz é composta pela quantidade de vizinhos mais próximos de cada setor censitário, logo, o critério de seleção para a quantidade ótima de vizinhos é aquela que gerar a maior estimativa no valor da função de máxima verossimilhança. De acordo com o critério de seleção, resultou-se em uma matriz com 10 vizinhos mais próximos.

Tabela 4 – Teste de robustez com matriz alternativa

Variável dependente: $\ln(\text{densidade populacional})$			
	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	-0.100381	-0.007355	0.010762
$W_{T,T}^S$		-0.179749	-0.159008
$W_{NT,T}^S$		0.441200***	0.397217***
R ²	0.2715	0.3520	0.9413
λ			0.374964***
No. Obs.	151	151	151
T	3	3	3

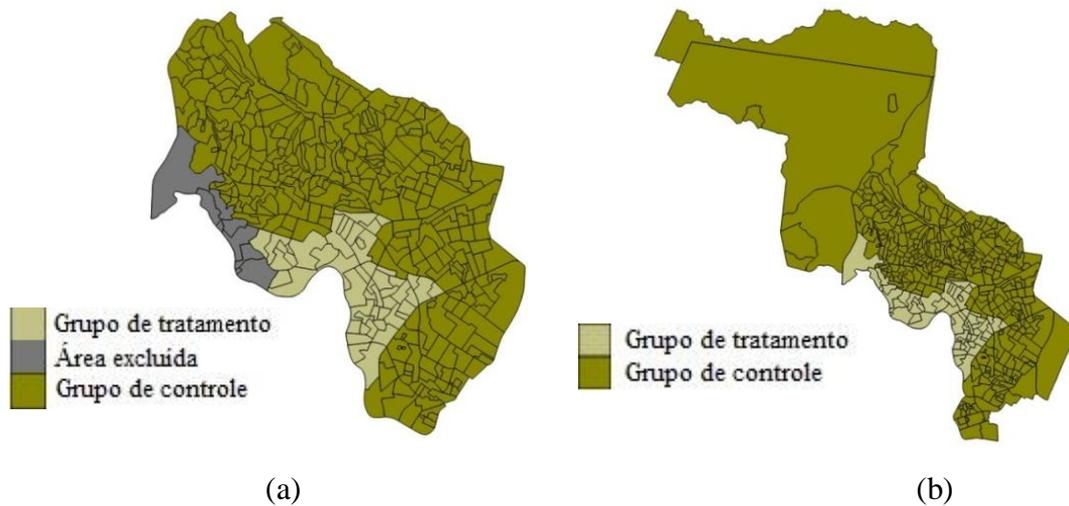
Nota: Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$.

Na Tabela 4, pode-se ver que o efeito de transbordamento populacional para regiões ainda permanece mesmo mudando a especificação da matriz. Diante disso, a política gerou um efeito aproximado de 39,7% no adensamento populacional das regiões não-tratadas.

Mesmo mudando a especificação da matriz, é importante analisar outras especificações de grupos de controle e tratamento. O ponto chave desse teste robustez é poder realmente verificar se o efeito prevalece em outras situações. Diante disso, a melhor estratégia seria considerar apenas regiões ao norte do Rio Capibaribe, visto que esse é um divisor

natural para o transbordamento populacional para regiões ao sul do rio. Na Figura 4 (a), tem-se a especificação de um mapa considerando setores censitários que são abrangidos pelas ZEIS, mas não considerando regiões de preservação florestal e histórica; Na Figura 4 (b), tem-se a especificação de um mapa considerando todas as Regiões Político-Administrativas (RPAs) acima do Rio.

Figura 4 – Outras especificações



Assim como nos resultados principais, considera-se inicialmente uma matriz de contigüidade, posteriormente alterna-se para a matriz de vizinhos mais próximos que gerou o maior valor para a função de máxima verossimilhança.

Tabela 5 – Resultados da especificação (a)

Variável dependente: ln(densidade populacional)						
	W1			W2		
	Painel	SLX	SDEM	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	0.064804	0.004541	0.021274	0.064804	0.155005	0.097416
$W_{T,T}^s$		0.041362	0.033941		-0.210020	-0.124401
$W_{NT,T}^s$		0.480033***	0.373782***		0.574752***	0.554819***
R ²	0.1448	0.1743	0.9476	0.1448	0.1969	0.9481
λ			0.338983***			0.568995***
N	356	356	356	356	356	356
T	3	3	3	3	3	3

Nota: W1 = matriz de contigüidade; W2 = matriz com 16 vizinhos mais próximos. Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** p < 0.001; ** p < 0.05; * p < 0.1.

Na Tabela 5 têm-se os resultados obtidos da especificação que utiliza o grupo de controle da Figura 4 (a) com a matriz de contigüidade e a matriz com vizinhos mais próximos. Diante dos resultados, percebe-se que mesmo ao incluir as áreas com ZEIS tem-se o mesmo efeito para regiões não-tratadas. Uma das justificativas para esse resultado é que essas zonas acima do Rio Capibaribe foram criadas antes da imposição da Lei dos Doze Bairros, com isso, não interferindo nos resultados já esperados de acordo com a teoria. Usando a matriz de contigüidade, o efeito nas regiões não-tratadas é de aproximadamente 37%, e usando a matriz com 16 vizinhos mais próximos, o efeito nas regiões não-tratadas é ainda maior, sendo aproximadamente 55%.

Tabela 6 – Resultados da especificação (b)

Variável dependente: ln(densidade populacional)						
	W1			W2		
	Painel	SLX	SDEM	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	0.030732	0.097072	0.128060	0.030732	-0.071506	-0.056771
$W_{T,T}^s$		-0.102482	-0.173477		0.134675	0.122586
$W_{NT,T}^s$		0.387202***	0.316722**		0.546747***	0.606232***
R ²	0.1155	0.1286	0.9635	0.1155	0.1437	0.9635
λ			0.368959***			0.594982***
N	394	394	394	394	394	394
T	3	3	3	3	3	3

Nota: W1 = matriz de contigüidade; W2 = matriz com 17 vizinhos mais próximos. Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** p < 0.001; ** p < 0.05; * p < 0.1.

Na Tabela 6 realizou-se o mesmo procedimento da Tabela 5, mas agora considerando a especificação que utiliza o grupo de controle da Figura 4 (b). Nota-se que os resultados obtidos são similares aos encontrados em todas as especificações, portanto é plausível considerar que esse efeito é robusto a mudança de especificação.

Diante dos resultados, usando a matriz de contigüidade, o efeito nas regiões não-tratadas é de aproximadamente 32%, e usando a matriz com 17 vizinhos mais próximos, o efeito nas regiões não-tratadas é ainda maior, sendo aproximadamente 61%.

6 IMPACTO SOBRE O ADENSAMENTO DOMICILIAR

Nessa seção altera-se a variável de interesse para densidade domiciliar, a razão para tal procedimento é que de acordo com os trabalhos existentes na literatura sobre esse tema, é natural de se pensar que a redução de oferta de novas construções nas regiões afetadas pela lei pode ter ocasionado um aumento de novas construções para regiões vizinhas não-tratadas, e com isso, gerando uma verticalização de edifícios mais acentuada nessas regiões. Diante disso, aplica-se o mesmo procedimento da seção anterior, ou seja, verificam-se os resultados para os três grupos de especificação com ambas as matrizes.

Tabela 7 – Resultados da especificação inicial com densidade domiciliar

Variável dependente: ln(densidade domiciliar)						
	W1			W2		
	Painel	SLX	SDEM	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	-0.04366	0.008983	0.045360	-0.043657	-0.011392	0.041656
$W_{T,T}^s$		-0.048059	-0.045957		-0.122602	-0.174956
$W_{NT,T}^s$		0.512895***	0.378684***		0.365286***	0.297823***
R ²	0.3237	0.3635	0.9637	0.3237	0.4349	0.9687
λ			0.480221***			0.366987***
N	151	151	151	151	151	151
T	3	3	3	3	3	3

Nota: W1 = matriz de contigüidade; W2 = matriz com 8 vizinhos mais próximos. Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** p < 0.001; ** p < 0.05; * p < 0.1.

Na Tabela 7 têm-se os resultados usando o grupo de controle representado na Figura 3. Diante dos resultados, percebe-se que é bastante similar ao que foi encontrado com a variável dependente sendo densidade populacional, e isso é natural de pensar, pois densidade domiciliar e densidade populacional são duas variáveis correlacionadas. De forma resumida, o modelo em painel indicou que a política não gerou efeito sobre a área tratadas, mas ao menos pode ter evitado um crescimento mais acentuado nas regiões afetadas pela lei. De acordo com os resultados obtidos nos modelos espaciais, fica evidente que gerou um *spillover* de novas construções para regiões vizinhas. Usando a matriz de contigüidade, o efeito nas regiões não-tratadas é de aproximadamente 38%, e usando a matriz com 8 vizinhos mais próximos, o efeito nas regiões não-tratadas é um pouco menor, sendo aproximadamente 30%.

Tabela 8 – Resultados da especificação (a) com densidade domiciliar

Variável dependente: ln(densidade domiciliar)						
	W1			W2		
	Painel	SLX	SDEM	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	0.071560	0.085004	0.074109	0.071560	0.203594	0.209097
$W_{T,T}^S$		-0.039351	-0.007197		-0.262093	-0.216786
$W_{NT,T}^S$		0.431652***	0.360975***		0.503777***	0.582508***
R ²	0.1445	0.1710	0.9550	0.1445	0.1954	0.9556
λ			0.387016***			0.601972***
N	356	356	356	356	356	356
T	3	3	3	3	3	3

Nota: W1 = matriz de contigüidade; W2 = matriz com 16 vizinhos mais próximos. Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** p < 0.001; ** p < 0.05; * p < 0.1.

Na Tabela 8 têm-se os resultados usando a especificação que utiliza o grupo de controle da Figura 4 (a). Nota-se que os efeitos de *spillovers* de novas construções ainda permanecem mesmo alterando a especificação do grupo de controle e a matriz de vizinhança. Usando a matriz de contigüidade e de 16 vizinhos mais próximos, os efeitos de *spillovers* são respectivamente em torno de 36% e 58%.

Tabela 9 – Resultados da especificação (b) com densidade domiciliar

Variável dependente: ln(densidade domiciliar)						
	W1			W2		
	Painel	SLX	SDEM	Painel	SLX	SDEM
Tratamento	0.035968	0.159086	0.152625	0.035968	-0.004003	0.017909
$W_{T,T}^S$		-0.166700	-0.206704		0.053027	-0.005477
$W_{NT,T}^S$		0.364433***	0.348537***		0.628381***	0.637021***
R ²	0.1154	0.1280	0.9666	0.1154	0.1375	0.9672
λ			0.409985***			0.350977***
N	394	394	394	394	394	394
T	3	3	3	3	3	3

Nota: W1 = matriz de contigüidade; W2 = matriz com 4 vizinhos mais próximos. Todos os modelos incluem variáveis de controle. Os modelos SLX e SDEM também incluem defasagens espaciais nas variáveis de controle. Adicionalmente, os modelos incluem efeitos fixos de tempo e espaço. Significância estatística: *** p < 0.001; ** p < 0.05; * p < 0.1.

Na Tabela 9 têm-se os resultados usando a especificação que utiliza o grupo de controle da Figura 4 (b). Percebe-se que os resultados são similares aos encontrados nas outras especificações. Portanto, é plausível considerar que esse efeito é robusto a mudança de especificação tanto no quesito de área territorial, quanto no quesito de definição dos vizinhos. Usando a matriz de contigüidade e de 4 vizinhos mais próximos, os efeitos de *spillovers* são respectivamente em torno de 35% e 64%.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Usando uma estratégia empírica baseada em um Diff-in-Diff com dependência espacial, procurou-se gerar evidência acerca do impacto da regulação do uso da terra urbana no adensamento populacional tanto nas regiões afetadas pela regulação, quanto nas regiões não-tratadas. Tais evidências não foram exploradas nos países em desenvolvimento, além do mais, esta é a primeira vez que é usada uma análise espacial de Diff-in-Diff para questões urbanas brasileiras no quesito de regulação do uso da terra.

Geralmente, a maioria dos estudos buscam analisar o impacto da regulação do uso da terra urbana nos preços dos imóveis, onde tal efeito é positivamente associado. Mas também há evidências na literatura sobre o impacto da regulação em novas moradias, onde tal efeito é negativamente associado. Contudo, esse trabalho vai além de buscar o efeito da regulação nas regiões afetadas pela lei, em adição a isso, buscou-se estimar o *spillover* espacial para regiões vizinhas e não afetadas pela lei.

Com essas evidências principais, mostrou-se que a política pública não gerou efeito sobre o grupo de tratamento, mas gerou um *spillover* espacial positivo para as regiões não-tratadas. Diante disso, acredita-se que a política não foi eficaz em cumprir seus objetivos, e além do mais, gerou um efeito reverso para as regiões vizinhas. Empiricamente, os resultados mostram que houve um transbordamento populacional de aproximadamente 37% para as regiões não-tratadas.

Os resultados encontrados são consistentes, em parte, com as hipóteses iniciais, visto que se esperava um efeito negativo e significativo para as regiões de tratamento, mas por outro lado, gerou um resultado esperado acerca do transbordamento populacional para as regiões não-tratadas. Além do mais, confirma-se que esse efeito de *spillover* não é condicionado por um único grupo de controle, pois os testes de robustez garantem credibilidade aos resultados e dão suporte ao efeito causal encontrado.

É importante apontar que a regulação investigada neste trabalho pode impactar também outras variáveis, levando, por exemplo, à maior verticalização das áreas vizinhas. Neste sentido, os resultados também apontaram que o maior adensamento populacional das áreas vizinhas também tomou a forma de maior número de domicílios por área. Tal resultado é consistente, por sua vez, com o evidentemente processo de verticalização vivenciado em bairros vizinhos como Rosarinho e Encruzilhada.

REFERÊNCIAS

- Anselin, L., Bera, A.K., Florax, R.J.G.M., Yoon, M.J., (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics* 26 (1), 77–104.
- Arnott, E., MacKinnon, J., (1977). Measuring the costs of height restrictions with a General Equilibrium Model. *Regional Science and Urban Economics* 7, 359-375.
- Bailey, M.J., (1959). Note on economics of residential zoning and urban renewal. *Land Economics* 35, 288-292.
- Beartaud, A., Brueckner, J.K., (2005) Analyzing building-height restrictions: Predicted impacts and welfare costs. *Regional Science and Urban Economics* 35, 109-125.
- Brueckner, J.K., (1998). Modeling urban growth controls, in: A, Panagariya, P, Portney, R,M, Schwab (Eds.), *Environmental and Public Economics: Essays in Honor of Wallace E, Oates*, Edward Elgar Publishers, Cheltenham, UK.
- Chagas, A.L., Azzoni, C.R., Almeida, A.N., (2016). A spatial difference-in-differences analysis of the impact of sugar cane production on respiratory diseases. *Regional Science and Urban Economics* 59, 24 – 36.
- Dantas, R.N.D., (2016). The Effects of Land-use Regulation on Local Real Estate Market: Empirical Evidence from Brazil, *Dissertação da Pós-graduação do Departamento de Economia*, UFPE.
- Delgado, M.S., Florax, R.J., (2015). Difference-in-differences techniques for spatial data: local autocorrelation and spatial interaction. *Economic Letters* 137, 123–126.
- Duarte, G., Neto, R., Sampaio, B., (2014). Restrição Sobre Uso Do Solo Urbano E Valor Dos Imóveis: Uma Avaliação Do Impacto Da Lei Dos Doze Bairros Da Cidade Do Recife”. *Working Paper*, ANPEC.
- Elhorst, J.P., (2010a). Matlab software for spatial panels. *Paper Presented at 4th World Conference of the Spatial Econometric Association*, Chicago.
- Elhorst, J.P., (2010b). Spatial panel data models. In: Fischer, M.M., Getis, A. (Eds.), *Handbook of Applied Spatial Analysis*. Springer, p. 377–407.
- Elhorst, J.P., (2014). *Spatial Econometrics: From Cross-sectional Data to Spatial Panels*. Springer.

- Elhorst, J.P., Vega, S.H., (2017). The SLX model: extensions and the sensitivity of spatial spillovers to W. *Papeles de Economía Española*, 152 (Forthcoming).
- Fujita, M., (1989). *Urban Economic Theory. Land Use and City Size*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Glaeser, E.L., Ward, B.A., (2009). The causes and consequences of land use regulation: Evidence from Greater Boston. *Journal of Urban Economics* 65, 265-278.
- IBGE (2017) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 10 de junho de 2017.
- Ihlanfeldt, K.R., (2007). The effect of land use regulation on housing and land prices. *Journal of Urban Economics* 61, 420-435.
- Ingram, G.K., Carrol, A., (1981). The Spatial Structure of Latin American Cities. *Journal of Urban Economics* 9, 257-273.
- Jackson, K., (2014). Do Land Use Regulations Stifle Residential Development? Evidence from California Cities, *Journal of Urban Economics* 91, 45-56.
- Knaap, G., Meck, S., Moore, T., Parker, R., (2007). Zoning as a barrier to multifamily housing development (Report No. 548). Chicago, IL: Planning Advisory Service, *American Planning Association*.
- Lee, L.F., Yu, J., (2010). Estimation of spatial autoregressive panel data models with fixed effects. *Journal of Econometrics* 154, 165–185.
- Lei Municipal no. 16.176, de 09 de abril de 1996, Estabelece a Lei de Uso e Ocupação do Solo da Cidade do Recife.
- Lei Municipal no. 16.719, de 30 de novembro de 2001 Cria a Área de Reestruturação Urbana - ARU, composta pelos bairros Derby, Espinheiro, Graças, Aflitos, Jaqueira, Parnamirim, Santana, Casa Forte, Poço da Panela, Monteiro, Apipucos e parte do bairro Tamarineira, estabelece as condições de uso e ocupação do solo nesta área (Lei dos Doze Bairros).
- Mayer, C.J., Somerville, C.T., (2000). Land Use Regulation and New Construction, *Regional Science and Urban Economics* 30 (6), 659-83.
- McDonald, J.E., McMillen, D.P., (2012). The Economic of Zoning, in: N. Brooks, K. Donaghyand G. Knaap (Eds), *The Oxford Handbook of Urban Economic and Planning*, New York, NY: Oxford University Press.
- Quigley, J., (2007). Regulation and Property Values in The United States: The High Cost of Monopoly, in: G. Ingram, and Y. Hong. (Eds,), *Land Policies and Their Outcomes* Cambridge, MA: Lincoln Institute of Land Policy.
- Quigley, J. M, Raphael, S., (2005). Regulation and the high cost of housing in California. *American Economic Review* 95 (2), 323-328.
- Quigley J.M., Rosenthal, L.A., (2005). The effects of land use regulation on the price of housing: What do we know? What can we learn? *Cityscape* 8 (1), 69-137.
- Rubin, D.B., (1978). Bayesian inference for causal effects: the role of randomization. *The Annals of Statistics* 6, 34–58.

Rubin, D.B., (1990). Formal modes of statistical inference for causal effects. *Journal of Statistical Planning and Inference* 25, 279–292

Sheppard, S., (2004). Land Use Regulation and Its Impact on Welfare, In Capello, R. and Nijkamp P. (eds) *Urban Dynamics and Growth*, Amsterdam: Elsevier B.V.

Turner, M.A., Haughwout, A., van der Klaauw, W., (2014). Land Use Regulation and Welfare. *Econometrica* 82(4), 1341-1403.

APÊNDICE A – RESULTADOS DA ESPECIFICAÇÃO INICIAL COM A MATRIZ DE VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS

Variável dependente: ln(densidade populacional)											
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
Tratamento	0.077	0.070	0.134	-0.002	0.026	-0.154	-0.131	-0.128	-0.014	0.010	0.055
$W_{T,T}^s$	-0.150	-0.103	-0.179	-0.087	-0.134	0.096	0.047	-0.027	-0.153	-0.159	-0.165
$W_{NT,T}^s$	0.248***	0.355***	0.339***	0.410***	0.400***	0.333***	0.332***	0.287**	0.298**	0.397***	0.471***
λ	0.168***	0.292***	0.314***	0.343***	0.336***	0.385***	0.396***	0.382***	0.372***	0.374***	0.383***
No. Obs.	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151
R ²	0.9358	0.9359	0.9360	0.9379	0.9376	0.9368	0.9376	0.9407	0.9411	0.9413	0.9408
Log-likelihood	210.130	220.766	218.897	223.745	219.237	218.732	219.889	229.316	229.244	229.676	226.969

Nota: W_i = Matriz com i vizinhos mais próximos. Significância estatística: *** $p < 0.001$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$.

Variável dependente: ln(densidade domiciliar)											
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11
Tratamento	0.017	0.012	0.064	0.040	0.073	-0.026	-0.023	0.041	0.130	0.195	0.255
$W_{T,T}^s$	-0.034	-0.013	-0.067	-0.099	-0.146	0.007	-0.023	-0.174	-0.272	-0.346	-0.365
$W_{NT,T}^s$	0.252***	0.354***	0.340***	0.422***	0.395***	0.354***	0.345***	0.297***	0.333***	0.375***	0.482***
λ	0.127***	0.247***	0.275***	0.302***	0.320***	0.375***	0.370***	0.366***	0.347***	0.352***	0.349***
No. Obs.	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151
R ²	0.9643	0.9644	0.9645	0.9664	0.9660	0.9652	0.9658	0.9687	0.9690	0.9689	0.9681
Log-likelihood	322.880	330.320	329.944	342.097	338.821	336.717	338.698	357.119	357.086	356.086	349.710

Nota: W_i = Matriz com i vizinhos mais próximos. Significância estatística: *** $p < 0.001$; * $p < 0.05$; * $p < 0.1$.

APÊNDICE B – RESULTADOS DA ESPECIFICAÇÃO (A) COM A MATRIZ DE VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS

Variável dependente: ln(densidade populacional)																	
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17
Tratamento	0.127	0.090	0.200	0.064	0.085	-0.09	-0.05	-0.07	0.036	0.008	0.008	0.026	0.057	0.098	0.105	0.097	0.156
$W_{T,T}^s$	-0.06	-0.01	-0.13	0.008	-0.03	0.161	0.127	0.135	-0.01	0.036	0.042	-0.01	-0.03	-0.10	-0.11	-0.12	-0.21
$W_{NT,T}^s$	0.23*	0.39*	0.40*	0.61*	0.48*	0.36*	0.37*	0.37*	0.44*	0.55*	0.53*	0.49*	0.52*	0.55*	0.55*	0.55*	0.61*
λ	0.18*	0.26*	0.33*	0.35*	0.36*	0.41*	0.42*	0.44*	0.46*	0.48*	0.49*	0.50*	0.49*	0.52*	0.53*	0.56*	0.54*
No. Obs.	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356
R ²	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.947	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948	0.948
Log-likelihood	584.3	593.2	607.2	611.5	599.9	602.4	598.7	600.2	603.6	609.6	608.6	607.0	605.9	609.9	610.0	612.4	611.8

Nota: W_i = Matriz com i vizinhos mais próximos. Significância estatística: * $p < 0.001$.

Variável dependente: ln(densidade domiciliar)																	
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17
Tratamento	0.058	0.124	0.148	0.098	0.106	0.005	0.014	0.073	0.162	0.202	0.222	0.215	0.222	0.221	0.216	0.209	0.259
$W_{T,T}^s$	0.020	-0.04	-0.06	-0.02	-0.05	0.068	0.063	-0.03	-0.13	-0.20	-0.23	-0.23	-0.23	-0.23	-0.22	-0.21	-0.29
$W_{NT,T}^s$	0.24*	0.39*	0.42*	0.62*	0.47*	0.37*	0.37*	0.38*	0.46*	0.50*	0.53*	0.50*	0.53*	0.54*	0.55*	0.58*	0.60*
λ	0.17*	0.23*	0.33*	0.36*	0.37*	0.43*	0.43*	0.46*	0.49*	0.52*	0.52*	0.53*	0.52*	0.57*	0.58*	0.60*	0.57*
No. Obs.	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356	356
R ²	0.955	0.955	0.954	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.956	0.955	0.955	0.955	0.956
Log-likelihood	694.4	696.2	714.1	723.5	713.7	717.4	712.2	714.1	718.6	723.8	724.1	721.8	720.7	726.0	725.4	726.4	722.6

Nota: W_i = Matriz com i vizinhos mais próximos. Significância estatística: * $p < 0.001$.

APÊNDICE C – RESULTADOS DA ESPECIFICAÇÃO (B) COM A MATRIZ DE VIZINHOS MAIS PRÓXIMOS

Variável dependente: ln(densidade populacional)																	
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17
Tratamento	0.089	0.060	0.239	0.054	0.042	-0.04	-0.08	-0.07	-0.03	-0.09	-0.08	-0.07	-0.07	-0.05	-0.05	-0.07	-0.05
$W_{T,T}^s$	-0.06	-0.03	-0.25	-0.04	-0.03	0.074	0.126	0.100	0.063	0.179	0.175	0.149	0.147	0.126	0.131	0.151	0.122
$W_{NT,T}^s$	0.23*	0.38*	0.42*	0.62*	0.51*	0.40*	0.36*	0.39*	0.43*	0.50*	0.48*	0.47*	0.49*	0.54*	0.56*	0.56*	0.60*
λ	0.15*	0.23*	0.30*	0.35*	0.35*	0.40*	0.42*	0.45*	0.48*	0.50*	0.52*	0.52*	0.53*	0.54*	0.55*	0.58*	0.59*
No. Obs.	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394
R ²	0.963	0.963	0.963	0.964	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963	0.963
Log-likelihood	489.2	503.2	515.5	519.2	509.2	510.9	507.2	513.5	514.1	516.8	516.7	514.2	513.0	514.4	515.9	516.5	518.3

Nota: W_i = Matriz com i vizinhos mais próximos. Significância estatística: * $p < 0.001$.

Variável dependente: ln(densidade domiciliar)																	
	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17
Tratamento	-0.03	0.037	0.179	0.017	0.006	-0.03	-0.08	-0.04	-0.02	-0.05	-0.03	-0.02	-0.03	-0.03	-0.03	-0.06	-0.04
$W_{T,T}^s$	0.068	-0.01	-0.19	-0.01	0.003	0.068	0.135	0.087	0.076	0.145	0.110	0.115	0.118	0.147	0.141	0.201	0.185
$W_{NT,T}^s$	0.24*	0.38*	0.44*	0.63*	0.51*	0.40*	0.37*	0.45*	0.50*	0.51*	0.50*	0.51*	0.53*	0.56*	0.59*	0.61*	0.62*
λ	0.14*	0.22*	0.30*	0.35*	0.36*	0.41*	0.42*	0.47*	0.48*	0.52*	0.54*	0.55*	0.55*	0.57*	0.60*	0.60*	0.61*
No. Obs.	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394
R ²	0.966	0.966	0.966	0.967	0.967	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966	0.966
Log-likelihood	547.0	556.6	572.3	578.6	571.0	572.7	568.0	574.6	575.0	576.1	577.3	576.3	574.5	576.5	577.8	577.5	577.2

Nota: W_i = Matriz com i vizinhos mais próximos. Significância estatística: * $p < 0.001$.