

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ECONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Lucas Mendonça Vargas

**Análise Espacial De Condições Habitacionais E Socioeconômicas Sobre
Doenças Relacionadas Ao Saneamento Ambiental Inadequado, Doenças
Respiratórias E Arboviroses No Brasil**

Juiz De Fora

2023

Lucas Mendonça Vargas

**Análise Espacial De Condições Habitacionais E Socioeconômicas Sobre
Doenças Relacionadas Ao Saneamento Ambiental Inadequado, Doenças
Respiratórias E Arboviroses No Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Weslem Rodrigues Faria

Juiz De Fora

2023

Vargas, Lucas Mendonça.

Análise Espacial De Condições Habitacionais E Socioeconômicas Sobre Doenças Relacionadas Ao Saneamento Ambiental Inadequado, Doenças Respiratórias E Arboviroses No Brasil / Lucas Mendonça Vargas. -- 2023.

108 f.

Orientador: Weslem Rodrigues Faria

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia, 2023.

1. Habitação e Saúde. 2. Saneamento básico. 3. Indicadores socioeconômicos. 4. Econometria espacial. I. Faria, Weslem Rodrigues, orient. II. Título.

Lucas Mendonça Vargas

Análise Espacial de Condições Habitacionais e Socioeconômicas sobre Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado, Doenças Respiratórias e Arboviroses no Brasil

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Economia Aplicada. Área de concentração: Economia

Aprovada em 04 de setembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Weslem Rodrigues Faria - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Dr. Admir Antonio Betarelli Junior
Universidade Federal de Juiz de Fora

Drª. Juliana Souza Scriptorre
Universidade Federal de São Paulo

Juiz de Fora, 15/08/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Weslem Rodrigues Faria, Professor(a)**, em 04/09/2023, às 15:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Admir Antonio Betarelli Junior, Professor(a)**, em 06/09/2023, às 16:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por JULIANA SOUZA SCRIPTORE MOREIRA (09-20140),
Usuário Externo, em 07/09/2023, às 00:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no
§ 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através
do ícone Conferência de Documentos, informando a código verificador **1407631** e a código CRC
DF2CA4B2.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram e estiveram presentes comigo ao longo da vida e que contribuíram com a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradecer à minha família, pelo apoio incondicional e presença constante em minha vida, em especial minha mãe Marisa, meu pai Carlos, minha vó Ines e meu irmão Thiago.

A minha amada Hiandra que muito me motivou e confortou. Sempre me ajudou nos momentos difíceis e sempre com muito afeto estava lá por mim.

A todos os meus amigos, em particular os de longa data Daniel, Diego, Leonardo e Lucca. A Camila, pela companhia nos momentos mais difíceis e importantes. A minha eterna filhote Dora.

Ao meu orientador, Weslem pelos conselhos, contribuições e oportunidades em meu caminho acadêmico. Aos professores que contribuíram com seus ensinamentos e culminaram na realização deste trabalho. A Universidade Federal de Juiz de Fora e seus funcionários, pelas oportunidades e suporte no decorrer dos meus estudos.

Enfim, agradecer a todos que contribuíram de forma direta e indiretamente para conclusão deste trabalho.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo analisar a relação entre saúde e condição de habitação nos municípios do Brasil, particularmente a morbidade hospitalar das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), doenças do aparelho respiratório e arboviroses. Para isso, foram utilizados dados por município do Sistema de Informações Hospitalares do SUS do DATASUS (SIH/SUS, 2021), do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) e do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020) para o ano de 2010. Essa apuração foi elaborada pelo método de análise econométrica espacial, em vista da evidência de correlação entre as doenças e sua localização, pois municípios com altas taxas das enfermidades estão rodeados de outros municípios que também possuem altas da mesma doença. Os resultados encontrados indicaram que o tipo de moradia, o material da parede, a densidade do domicílio, a coleta de lixo, energia elétrica, água encanada e poluição influem na taxa de incidência de internações dessas doenças, além de renda, saúde e educação possuírem papel significativo. Para avaliar a robustez das estimativas, este estudo também compara os resultados de diferentes modelos espaciais utilizados na literatura e indicou que o modelo escolhido SDM e seus resultados foram pertinentes.

Palavras-chave: Habitação e saúde. Saneamento básico. Indicadores socioeconômicos. Econometria espacial.

ABSTRACT

This study aims to analyze the relationship between health and housing conditions in Brazilian municipalities, particularly hospital morbidity from Diseases Related to Inadequate Environmental Sanitation (DRIES), respiratory diseases, and arboviruses. Therefore, it was used data from the SUS Hospital Information System DATASUS (SIH/SUS, 2021), from the Demographic Census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE, 2011) and from the Greenhouse Effect Gas Emissions Estimation System (SEEG, 2020) for the year 2010. These estimations were carried out using spatial econometric method, in view of the uncovered correlation between diseases and its geographical location, since cities with high rates of diseases are surrounded by other cities that also have high rates. The results found indicated that the type of habitation, wall material, housing density, garbage collection electricity, piped water and pollution does influence the incidence rate of hospitalizations for these diseases, as well as income, health and education having significant role. To assess the robustness of the estimations, this study also compares the results of different spatial models used in the literature and indicated that the chosen SDM model and its results were relevant.

Keywords: Housing and health. Basic sanitation. Socioeconomic indicators. Spatial econometrics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Função de produção de dias saudáveis	15
Figura 2 - Eficiência marginal do investimento (EMI).....	16
Figura 3 - Dispersão de Moran para as variáveis dependentes: DRSAI, Resp, Arbov e Dengue	52
Figura 4 - Mapa da estatística I de Moran Local para DRSAI	53
Figura 5 - Mapa da estatística I de Moran Local para Doenças Respiratórias	53
Figura 6 - Mapa da estatística I de Moran Local para Arboviroses	54
Figura 7 - Mapa da estatística I de Moran Local para Dengue	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos empíricos sobre doenças e habitação	22
Quadro 2 - Base de dados	26
Quadro 3 - Descrição das DRSAIs.....	28
Quadro 4 - Efeitos diretos e indiretos de cada modelo estimado.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas	31
Tabela 2 - Estatística <i>I</i> de Moran das variáveis dependentes.....	50
Tabela 3 - Estatística <i>c</i> de Geary das variáveis dependentes	51
Tabela 4 - Critério de Informação de Akaike dos modelos espaciais.....	56
Tabela 5 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de DRSAI	57
Tabela 6 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de doenças respiratórias	57
Tabela 7 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de arboviroses	57
Tabela 8 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de dengue	57
Tabela 9 - Novo <i>I</i> de Moran.....	58
Tabela 10 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de DRSAI pelo SDM	60
Tabela 11 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de doenças respiratórias pelo SDM	65
Tabela 12 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de arboviroses pelo SDM..	69
Tabela 13 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de dengue pelo SDM	70
Tabela 14 - Estatística <i>I</i> de Moran das variáveis independentes	81
Tabela 15 - Estatística <i>c</i> de Geary das variáveis independentes	81
Tabela 16 - Testes LM para o modelo DRSAI com a matriz Queen	82
Tabela 17 - Testes LM para o modelo DRSAI com a matriz de distância inversa.....	82
Tabela 18 - Testes LM para o modelo DRSAI com a matriz de dois vizinhos mais próximos	82
Tabela 19 - Testes LM para doenças respiratórias com a matriz Queen.....	83
Tabela 20 - Testes LM para o modelo doenças respiratórias com a matriz de distância inversa	83
Tabela 21 - Testes LM para o modelo doenças respiratórias com a matriz de dois vizinhos mais próximos	83
Tabela 22 - Testes LM para o modelo arboviroses com a matriz Queen.....	84
Tabela 23 - Testes LM para o modelo arboviroses com a matriz de distância inversa	84
Tabela 24 - Testes LM para o modelo arboviroses com a matriz de dois vizinhos mais próximos.....	84

Tabela 25 - Testes LM para o modelo dengue com a matriz Queen	85
Tabela 26 - Testes LM para o modelo dengue com a matriz de distância inversa....	85
Tabela 27 - Testes LM para o modelo dengue com a matriz de dois vizinhos mais próximos	85
Tabela 28 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre DRSAI	88
Tabela 29 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre DRSAI ..	89
Tabela 30 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre DRSAI	90
Tabela 31 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre Doenças Respiratórias.....	92
Tabela 32 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre Doenças Respiratórias.....	93
Tabela 33 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre Doenças Respiratórias.....	94
Tabela 34 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre Arboviroses	96
Tabela 35 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre Arboviroses.....	97
Tabela 36 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre Arboviroses	98
Tabela 37 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre Dengue..	100
Tabela 38 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre Dengue	101
Tabela 39 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre Dengue....	102

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CID-10	Classificação Internacional de Doenças
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de saúde
DRSAI	Doenças Relacionadas Ao Saneamento Ambiental Inadequado
EMI	Eficiência Marginal do Investimento
FUNASA	Fundação Nacional da Saúde
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística
NBR	Normas Técnicas Brasileiras
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
SEEG	Sistema de Estimativa De Emissões de Gases de Efeito Estufa
SUS	Sistema Único De Saúde
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	A RELAÇÃO ENTRE CONDIÇÃO HABITACIONAL E SAÚDE.....	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1	REVISÃO TEÓRICA.....	14
3.2	REVISÃO EMPÍRICA	18
4	METODOLOGIA.....	24
4.1	BANCO DE DADOS	24
4.2	ESPECIFICAÇÃO DO MODELO	32
4.3	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS.....	34
4.4	MODELAGEM DAS INTERAÇÕES ESPACIAIS	39
4.5	EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS.....	42
4.6	MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO.....	45
4.7	CRITÉRIO DE ESCOLHA DO MODELO ESPACIAL.....	47
5	RESULTADOS	50
5.1	ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS ESPACIAIS DAS VARIÁVEIS	50
5.2	PROCESSO DE ESCOLHA DO MODELO E DA MATRIZ ESPACIAL	55
5.3	RESULTADOS SOBRE DRSAI	58
5.4	RESULTADO SOBRE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS	64
5.5	RESULTADOS SOBRE ARBOVIROSES E DENGUE.....	68
6	CONCLUSÃO.....	73
	REFERÊNCIAS	77
	APÊNDICE A – Correlação espacial das variáveis independentes	81
	APÊNDICE B – Testes LM.....	82
	APÊNDICE C – Checagem de robustez.....	86

1 INTRODUÇÃO

A condição da habitação tem sido motivo de preocupação mundial, tanto que a moradia adequada é um direito humano consagrado pela Organização das Nações Unidas (ONU) desde a Declaração Universal dos Direitos Humanos, sendo também garantida pela Constituição brasileira como direito fundamental (United Nations, 1949; Brasil, 1988). A partir do século XX, a moradia foi considerada significativa determinante da saúde, e moradias precárias são um grande problema de saúde pública (Krieger e Higgins, 2002; Bonnefoy, 2007).

Qualidade da habitação tem grande influência na saúde dos indivíduos, portanto é crucial que melhoras na condição habitacional e redução dos riscos de saúde no lar sejam prioridade para a política pública (Krieger e Higgins, 2002; Bonnefoy, 2007). A questão da habitação é especialmente relevante em centros urbanos, dada a previsão da população urbana mundial dobrar até 2050 e assim aumentar a demanda por habitação (WHO, 2018). Em termos gerais, condições melhores de moradia podem salvar vidas, reduzir doenças, aumentar qualidade de vida, reduzir pobreza e mitigar mudanças climáticas (WHO, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS), ou World Health Organization (WHO), define habitação saudável aquela que é um abrigo que apoia um estado de completo bem-estar físico, mental e social (WHO, 2018). Portanto, a compreensão de habitação é baseada em quatro camadas, que levam em consideração o sentido de lar, a estrutura física da moradia, a comunidade e suas interações, e o ambiente de habitação imediato.

Historicamente, a habitação tem grande relevância para a humanidade há muito tempo, porém, com o advento da Revolução Industrial, surgiram grandes centros urbanos com rápido crescimento desorganizado, levando a milhões de pessoas morarem em residências inadequadas, superlotadas, com baixa ventilação, úmida, sórdida, com acesso limitado a água e esgoto, além de alta densidade populacional (Shaw, 2004).

Os motivos são diversos, mas uma das grandes questões críticas a melhores condições residenciais é a capacidade de potencializar a transmissão de doenças ou até mesmo causá-las (Krieger e Higgins, 2002). Condições precárias de moradia são

associadas com diversas enfermidades infecciosas e crônicas, além de lesões, má nutrição e transtornos mentais (Krieger e Higgins, 2002).

Aqueles com menores condições socioeconômicas possuem menores condições de habitação, sendo que muitos problemas para a saúde ou são relacionados diretamente ou indiretamente com o edifício em si, em razão dos materiais de construção utilizados e do equipamento instalado ou do tamanho e configuração das habitações individuais além da disponibilidade e proximidade de serviços (Bonney, 2007). Outros problemas diretos e indiretos relacionados a habitação que podem afetar a saúde são de caráter social ou psicológico, como a sensação de habitação pobre na saúde mental (Shaw, 2004).

No Brasil, grande ênfase é dada ao saneamento básico, havendo grande alarme às Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI), um conjunto de doenças divididas em cinco categorias pela Fundação Nacional da Saúde (Funasa), sendo elas transmissão feco-oral, transmitidas por inseto vetor, transmitidas através do contato com a água, relacionadas com a higiene, e geohelmintos e teníases. Essas doenças causam diversas externalidades negativas, além dos problemas de salubridade e subsequente gasto com a saúde, como afastamento do trabalho e conseqüente queda na produtividade e na renda, piora no rendimento escolar de jovens e crianças, além de atraso no desenvolvimento infantil (Santana, 2006; Scriptori, 2016).

Apesar de ser um grande determinante de saúde, o saneamento não é a única condição de habitação que influencia na saúde dos indivíduos no Brasil, porém faltam estudos no país que abrangem as demais condições físicas da residência. Portanto, a escolha deste tema para elaboração do estudo deu-se pela relevância de compreender quais doenças estão relacionadas a diferentes condições ambientais e habitacionais no Brasil, visto que o impacto dessas precárias condições vai além da saúde do indivíduo e faltam estudos sobre a condição residencial no país. Efeitos sobre educação, meio ambiente, renda, entre outros, são algumas das externalidades que a saúde gera (Scriptori, 2016; Heller, 1997; Bonney, 2007). Com isso, busca-se auxiliar o processo decisório do governo quanto a políticas de saúde, saneamento e habitação a partir dos resultados do modelo, além de identificar aspectos regionais que podem apoiar numa melhor alocação de recurso.

Logo, o objetivo do trabalho é investigar possíveis potencializadores de um arranjo de doenças originados de precárias situações de moradia e do ambiente em municípios brasileiros e analisar sua dimensão espacial. Para isso, foram identificadas e analisadas variáveis que podem ocasionar variação da morbidade hospitalar de doenças, a partir da especificação de um modelo econométrico espacial que incluiu variáveis ambientais, habitacionais e de saúde. Com isso, de analisou-se os resultados do modelo sobre as taxas de doenças apresentando os motivos dos resultados encontrados e sua significância.

Sendo assim, foi investigado como as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, doenças respiratórias e arboviroses interagem com as variáveis de tipo de residência, tipo de material nas paredes externas, densidade do domicílio, coleta de lixo, energia elétrica, água encanada, emissão de CO₂, renda, estabelecimentos de saúde e analfabetismo. Esses dados foram extraídos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS do DATASUS (SIH/SUS, 2021), do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) e do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020).

A partir da extração dos dados, procede-se à metodologia de econometria espacial, dada a identificação da existência de autocorrelação espacial global positiva, o que sugere o uso de modelos espaciais. Com isso, o estudo contribui com evidências empíricas que não existem na literatura, como a relação positiva entre parede de alvenaria sem revestimento e doenças e as relações entre os tipos de residências com doenças, além de destacar a importância que a qualidade geral da habitação deve ser levada em conta na política pública.

O presente trabalho possui, além desta introdução, outras cinco seções. A segunda parte discute-se a relação entre condição habitacional e saúde, de forma a contextualizar as discussões já levantadas sobre o tema. No terceiro tópico, apresenta-se a revisão de literatura sobre o tema, enquanto no quarto é discorrida a metodologia utilizada. O quinto capítulo é reservado para a apresentação e discussão dos resultados, sendo o sexto e último, dedicado às conclusões e considerações finais do trabalho.

2 A RELAÇÃO ENTRE CONDIÇÃO HABITACIONAL E SAÚDE

A habitação como determinante de saúde começou a ser pensada e analisada em reação a surtos de doenças infecciosas relacionadas à residência, como o surto de cólera em Nova York na década de 1830. Outra questão determinante aos estudos sobre, foram os conflitos de classe e o interesse industrial em manter uma força de trabalho mais saudável, dada a desaceleração da economia, que geraram crises de disponibilidade e redução da qualidade de habitações (Cornwell, 2016).

A relação entre condição de habitação e saúde foi reconhecida entre profissionais de saúde pública nos Estados Unidos e Europa no início do século XIX e levou ao crescimento do movimento da reforma sanitária. Na metade da década de 1920, havia forte evidência de tintas baseadas em chumbo gerando envenenamento pelo material, sendo mais prejudicial para crianças (Krieger e Higgins, 2002).

O acesso a moradia adequada e segura é um direito humano consagrado pela Organização das Nações Unidas (ONU) desde a Declaração Universal dos Direitos Humanos e garantido pela Constituição brasileira como direito fundamental. O órgão indica uma série de potenciais fatores de risco na residência para a saúde, variando desde características físicas da habitação, qualidade ambiental e condição socioeconômica no relatório *WHO Housing and Health Guidelines* (2018).

Residências em condições precárias podem conter materiais em sua construção considerados perigosos para a saúde, como tinta com chumbo e amianto. Nesses casos, existe uma associação entre a exposição a esses materiais com doenças respiratórias e até mesmo câncer ou doenças neurológicas (Darnton et al., 2012). Além disso, em casas com parede sem revestimento e estrutura inadequada é comum que levem a um aumento de casos de doenças respiratórias, dado problemas de ventilação, umidade e temperatura.

Residências com alta densidade de moradores pode aumentar o risco de doenças infecciosas na medida que um espaço reduzido e recursos limitados afetam na capacidade de melhor higiene e de contenção de propagação. Superlotação está associada a maiores taxas de infecções respiratórias como pneumonia, bronquite, tuberculose e gripe, além de infecções na pele (Krieger e Higgins, 2002). Além disso, doenças crônicas também estão associadas a maior densidade na habitação, como

obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares. Ademais, resultados negativos sobre saúde mental também são associados a superlotação, como estresse, ansiedade e depressão.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 REVISÃO TEÓRICA

O modelo teórico de Grossman (1972) explica a demanda por capital saúde pela teoria do capital humano e mostrando suas diferenças. De acordo com a teoria do capital humano, indivíduos investem em si mesmos através de educação, treinamento e saúde para aumentar sua renda. O caso da demanda por saúde é bem único e o autor pontua aspectos significativos que a difere da tradicional forma de demanda. O primeiro aspecto refere-se ao consumidor, que deseja saúde em vez de assistência médica. Contudo, para adquirir saúde, é demandado insumos de assistência médica para produzi-la. A segunda questão alude ao consumidor não comprar saúde pelo mercado passivamente, mas sim produz saúde combinando tempo para melhorar saúde, o que inclui dieta e exercícios com insumos médicos. O terceiro elemento diz respeito à saúde, que persiste por mais de um período e não deprecia instantaneamente e, portanto, pode ser analisado como um bem de capital. O quarto tópico refere-se à saúde, que pode ser tratada como um bem de consumo e bem de capital. Como bem de consumo, indivíduos desejam saúde para sentirem-se bem, enquanto como bem de capital é desejada para aumentar o número de dias saudáveis para trabalhar e para adquirir renda.

Grossman (1972) também conceptualiza um modelo de demanda por saúde pela abordagem de estoque, em que um incremento de estoque de capital como a saúde é um investimento em saúde. Investimento em saúde (I) é produzido por tempo disponível para melhorar saúde (T_H) e por insumos de saúde (M). De forma similar, o bem doméstico (B) é produzido considerando o tempo (T_B) e os bens adquiridos no mercado (X), ou seja:

$$I = I(M, T_H) \quad (1)$$

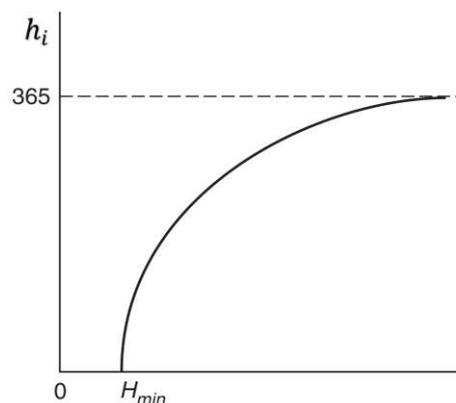
$$B = B(X, T_B) \quad (2)$$

Além disso, indivíduos devem lidar com um *trade-off* entre trabalho e lazer, em que decidem quantidades de tempo para cada atividade. Considerando o tempo gasto criando investimento em saúde (T_H) e o tempo de lazer (T_B), indivíduos também gastam tempo com trabalho (T_W) e perdem tempo relacionado a problemas de saúde (T_L), o que leva à relação de alocação de tempo (Ω), que pode ser horas, dias, ou qualquer medida de tempo relevante:

$$\Omega = T_H + T_B + T_W + T_L \quad (3)$$

Os aspectos da saúde quanto a investimento e consumo no modelo de Grossman (1972) são dinâmicos, no sentido de a saúde ser tanto um bem de investimento quanto um bem de consumo. Visualizando a relação de dias saudáveis (h_i) relacionando com o estoque de saúde (H_i), quando $\Omega = 365$ dias têm-se a função de produção de dias saudáveis, como pode ser visto na figura 1:

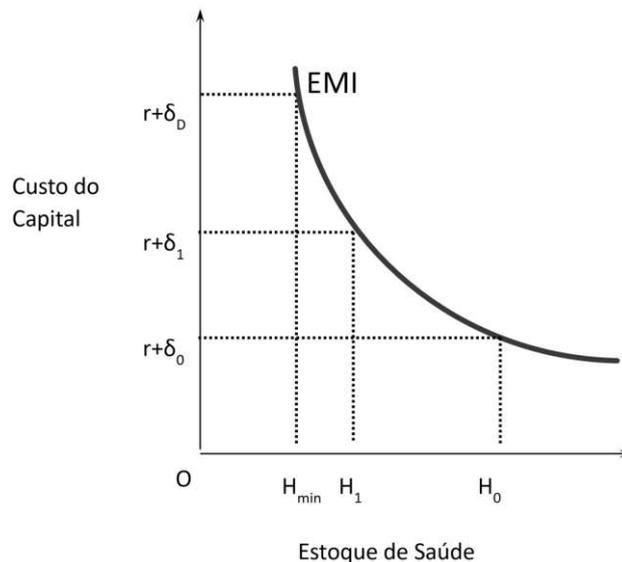
Figura 1 - Função de produção de dias saudáveis



Fonte: Grossman (1972)

Quanto à demanda por capital saúde, seu custo são os recursos abdicados, ou seja, há um custo de oportunidade, sendo de tempo e dinheiro. Além disso, há eficiência marginal do investimento (EMI), que relaciona retorno do investimento com montante de recursos investidos, e exibe retorno marginal decrescente para a função de produção de dias saudáveis, conforme exposto na figura 2:

Figura 2 - Eficiência marginal do investimento (EMI)



Fonte: Grossman (1972)

Em trabalho posterior, Wagstaff (1986) expande os conceitos de Grossman (1972) sobre consumo e investimento puro com novas estimativas que afetam tempo disponível para melhorar saúde (T_H). Como foram realizados modelos empíricos, os parâmetros estimados possuíam sinal divergente da teoria, indicando suposições inapropriadas para a transição de teoria à prática.

Com a preocupação sobre saneamento e a condição de habitação sobre a saúde dos indivíduos, o modelo teórico de Grossman (1972) é utilizado junto com seus princípios em modelos econométricos, como por Scriptorre (2016). Uma das contribuições do modelo está no efeito da idade, renda e educação sobre a saúde, além de posteriores discernimentos sobre outros determinantes de saúde. Ademais, segundo Folland et al. (2016), a relevância da alocação de tempo e dinheiro no bem-estar do indivíduo foi ponto central no auxílio a novos trabalhos. Portanto, em modelos sobre habitação, é necessária a utilização dessas variáveis em vista do cálculo sobre a saúde.

Condições precárias de moradia são associadas com diversas enfermidades infecciosas e crônicas, além de lesões, mal nutrição e transtornos mentais (Krieger e Higgins, 2002). Aspectos como carência de água potável, esgoto sem tratamento,

entrada de vetores transmissores e armazenamento inapropriado de alimentos são identificados como propulsores de doenças infecciosas, ou seja, contribuem na propagação de enfermidades causadas por microrganismos como vírus, bactérias, protozoários ou fungos. Ainda segundo Krieger e Higgins (2002), habitação inadequada também está relacionada com diversas doenças crônicas, principalmente no trato respiratório e devido à umidade no ambiente.

De acordo com a WHO (2018) em relatório sobre diretrizes de habitação e saúde, diversos fatores da residência influenciam na saúde do indivíduo, gerando diversos custos sociais e monetários a indivíduos e sociedade. Alguns desses fatores são superlotação, altas e baixas temperaturas internas, falta de equipamentos de segurança, baixa acessibilidade a habitação, carência de água e esgoto, baixa qualidade do ar, poluição sonora, baixa qualidade de materiais na construção e presença de material tóxico na residência.

Existem diversas medidas para superlotação de residências. A métrica mais utilizada, segundo Blake, Kellerson e Simic (2007), é de número de pessoas por cômodo, comparado às medidas de pessoas por quarto e pessoas por metro quadrado. Apesar dos indicadores gerarem resultados similares, a extensão da superlotação entre algumas subpopulações pode ser subestimada ou sobrestimada dependendo da medida utilizada, sendo ideal analisar um vetor com mais de uma dessas métricas.

Sobre abastecimento de água e esgotamento sanitário, Shuval et al. (1981) formalizam a teoria do limiar-saturação em que relaciona a condição socioeconômica da população com condições de saneamento e de saúde. De acordo com a teoria, indivíduos com condições socioeconômicas extremamente baixas ou extremamente altas, intervenções em saneamento geram efeito ínfimo sobre saúde. Porém, Briscoe (1984), ao limitar a análise por vias de transmissão de determinada doença, encontrou que a probabilidade de infecção seria muito menor que o esperado quando uma doença tem relação dose-resposta log-linear. Portanto, Briscoe (1985, 1987) evidenciou que impactos em abastecimento de água e esgotamento sanitário gerariam efeitos de longo prazo sobre saúde em maior grau ante intervenções médias, além de sugerir efeito multiplicador de programas de melhorias nesses sistemas. Sendo assim, conclui que intervenções são necessárias, apesar de não suficientes para melhorar condições de saúde dos indivíduos.

3.2 REVISÃO EMPÍRICA

A relação entre saneamento e doenças é muito estudada por diversas áreas de pesquisa e evidencia que há maior casos de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) quando há menor cobertura da rede de água ou esgoto para a população (Uhr et al., 2016; Paiva E Souza, 2018; Busato et al. 2014; Siqueira et al., 2016; Scriptori. 2016). A faixa etária mais impactada por essas doenças são, principalmente, as crianças e, em menor intensidade, os idosos, seja quando consideradas internações, morbidade e mortalidade por meio dos diversos estudos sobre a temática (Barreto et al., 2010).

Siqueira et al. (2016) analisou as internações de DRSAI no Sistema Único de Saúde (SUS) entre 2010 e 2014 na região metropolitana de Porto Alegre e encontrou que o maior meio de transmissão é via feco-oral, sendo crianças de 1 a 4 anos os mais afetados com 20,4% dos infectados. O gasto estimado das internações foi cerca de R\$ 6,1 milhões e a letalidade hospitalar pode ser considerada como baixa, 2,2%.

Avaliando a relação entre saneamento básico e a saúde, Uhr et al. (2016) utilizaram dados em painel com efeitos fixos, de 2000 a 2011 dos estados brasileiros para observar a relação causal entre doenças de veiculação hídrica e indicadores de distribuição de água, de esgoto e coleta de lixo. Como resultante, encontraram que a maior associação estaria na cobertura da rede de esgoto, seguido pela coleta de lixo. A distribuição de água não foi significativa para causar internações pelas doenças de veiculação hídrica.

Com um estudo similar a Uhr et al. (2016), Paiva e Souza (2018) estudaram os estados e regiões do Brasil de 1998 a 2014 e encontraram resultados similares, cementando as relações encontradas. A partir de regressão linear múltipla, encontraram que uma maior incidência de doenças de veiculação hídricas estaria relacionada com menor esgotamento sanitário na rede geral, menor escolaridade e menor cobertura por equipes de saúde da família. Calculando por risco atribuível, 16,3% das internações de 2013 poderiam ter sido evitadas caso as condições de saneamento fossem adequadas, o equivalente a uma economia de R\$ 20.372.559,90.

Além dos impactos sobre a saúde, o saneamento inadequado também pode gerar efeitos negativos sobre a educação no sentido de prejudicar o progresso da criança na escola, pois piores níveis de saneamento indicam piores frequências escolares, maior distorção de idade-série e maior abandono escolar. Com um modelo econométrico espacial, as estimativas encontradas por Scriptori (2016) indicaram que um aumento de 1% no acesso a saneamento geraria aumento de 0,11 pontos percentuais na taxa de frequência escolar, queda de 0,31 pontos percentuais na taxa de distorção idade-série e uma queda de 0,12 pontos percentuais na taxa de abandono escolar, quando analisado dados de 2000 e 2010 em painel com modelo de efeito fixo para municípios brasileiros. Para os impactos sobre a saúde, a variável de maior impacto total médio, porcentagem de domicílios que não tem banheiro em conjunto à presença de esgoto a céu aberto no entorno, o aumento de uma unidade geraria aumento de 3,281 na taxa de incidência de internações por DRSAI.

As características físicas de moradia também podem influenciar na incidência de doenças, como é sugerido por Corder et al. (2020) ao considerar o material de construção das paredes externas, meio de aquecimento, data da construção, área do terreno e construída, além de variáveis de controle para modelar a incidência de esofagite eosinofílica via diferenças em diferenças.

Apesar de não significativo, Amaral et al. (2019) avaliaram a condição de habitação como possível determinante na incidência de Zika Vírus no Brasil e sua distribuição espacial ao utilizar econometria espacial. Fatores regionais seriam possíveis contribuintes significativos na incidência de Zika, o que poderia gerar uma superestimação da magnitude da relação do Zika com a microcefalia caso esses atributos regionais fossem desconsiderados. Em geral, municípios com maior PIB per capita e melhores estruturas urbanas possuíram menor incidência da doença, enquanto cidades com maior população e melhor índice de mobilidade possuem maior incidência.

Como crianças encontram vários meios de exposição ao ambiente residencial, diversos podem ser os motivos de contração de doenças, como apontado por Dedman et al. (2001) ao utilizar o método *Boyd Orr Cohort*. Em seu estudo do Reino Unido, a densidade de moradores por cômodos, abastecimento de água, condição sanitária, ventilação e higiene do ambiente, encontrou efeitos dessas variáveis sobre doenças, sendo separáveis dos controles socioeconômicos, podendo até impactar a

mortalidade na vida adulta. Portanto, a mortalidade infantil também seria impactada pelas condições de residência devido à suscetibilidade de contrair doenças de diversos tipos, com destaque para doenças diarreicas e doenças respiratórias.

Com uma análise descritiva com dados da cidade de São Paulo, Pasternak (2016) apontou para áreas possivelmente vulneráveis, com maiores índices de mortalidade, que coincidem com as regiões de maiores percentuais de pobres e de cortiços.

A relação de doenças respiratórias com a poluição do ar também foi analisada e observada, como em Nardocci et al. (2013), que observaram para a cidade de Cubatão-SP que os altos índices de poluição atmosférica estariam positivamente associados a doenças respiratórias e cardiovasculares ao utilizar séries temporais via modelo aditivo generalizado. Braga et al. (2007) realizaram estudo similar, mas para a cidade de Itabira-MG e encontraram resultados similares ao estudo de Cubatão, e apontaram que as crianças seriam as principais afetadas por doenças respiratórias como resposta ao aumento no nível de poluição, enquanto adultos entre 45 e 64 teriam aumento nas internações. Enquanto a cidade paulista é um polo industrial, a cidade mineira é um centro de extração mineral, mostrando que o tipo de atividade econômica pode não ser significativa quando analisado o nível de poluição do ar. Além disso, Carmo et al. (2010), em análise para a região sul da Amazônia brasileira, evidenciaram que a exposição a partículas de queimadas também poderia causar aumento nas internações de doenças respiratórias, em estudo com séries temporais. Programas de expansão do saneamento podem ser uma boa forma de mitigar parasitoses intestinais, principalmente em crianças, público que mais sofre com a falta de saneamento adequado (Barreto et al. 2010). Barreto et al. (2020), por meio de uma regressão multivariada, calcularam a razão de prevalência e avaliaram o impacto da implantação do programa Bahia Azul na cidade de Salvador e encontraram que houve redução na prevalência de doenças intestinais na ordem de 42% de *A. lumbricoides*, 59% de *G. duodenalis* e 62% de *T. trichuria* em crianças.

Como pode ser observado nesta seção, das condições ambientais e habitacionais, o saneamento é o mais estudado na literatura brasileira e mundial. O Quadro 1 evidencia esse foco, que resume os trabalhos empíricos similares ao desenvolvido e discutido nesta dissertação. Contudo, quando considerado as estruturas da residência, como materiais utilizados na construção e aspectos

qualitativos, não existem muitos estudos no país e não há um que relacione doenças com a estrutura da habitação, nem com a poluição do ar. Utilizar dados sobre a incidência de casos também é pouco estudado em contrapartida a internações hospitalares ou mortalidade. Assim, o diferencial do presente estudo está na análise de diferentes variáveis de condições ambientais e habitacionais, assim como utilizar a incidência de casos de doenças em uma análise econométrica espacial. Ainda assim, pode-se criar um paralelo ao trabalho de Scriptori (2016) como aproximado a este estudo.

Quadro 1 - Estudos empíricos sobre doenças e habitação

Autores	Região	Período	Método	Variável dependente	Variáveis explicativas	Conclusões
Amaral et al. (2019)	Brasil	2016	Econometria Espacial	Incidência de microcefalia.	Incidência de ZIKV, cobertura de saúde, PIB municipal, população e indicadores de mobilidade, ambiente, habitação, saneamento e infraestrutura.	A incidência de ZIKV é muito relevante na previsão de casos de microcefalia, mas atributos regionais também podem contribuir significativamente. Municípios com maior PIB per capita e melhor condição ambiental mostram menor incidência, enquanto em cidades populosas e com maior estrutura de mobilidade possuem maior incidência, como mostrou a análise econométrica espacial.
Barreto et al. (2010)	Salvador – BA	1997 e 2003	Análise de impacto	Prevalência de A. lumbricoides, T. trichuria, e G. duodenalis.	Variáveis socioeconômicas, sobre saneamento e infraestrutura.	O programa de saneamento implementado reduziu significativamente a prevalência das doenças entre 42% e 62% em crianças
Braga et al. (2007)	Itabira – MG	Jan 2003 – Jul 2004	Séries temporais	Doenças respiratórias e cardiovasculares.	Temperatura, umidade e concentração de material particulado.	Maiores emissões de material particulado inalável foram associados com aumentos no atendimento de doenças respiratórias de 4% em crianças, 12% em adolescentes e aumento de 4% em atendimentos por doenças cardiovasculares em adultos de 45 a 64 anos.
Carmo et al. (2010)	Alta Floresta – MT	2004 a 2005	Séries temporais	Doenças respiratórias.	Temperatura, umidade, precipitação e concentração de material particulado.	Há associação linear direta entre o poluente e atendimentos ambulatoriais por doenças respiratórias. Um aumento de 10 µg/m ³ está associado a um aumento de 2,9% nos atendimentos após 6 dias da exposição ao poluente.

Corder et al. (2020)	Carolina do Norte (EUA)	2001 a 2014	Análise de impacto	Esofagite eosinofílica.	Variáveis socioeconômicas e sobre a habitação.	Casos da doença estavam associados com a presença de tijolo na parede externa, aquecimento a gás e aquecimento de ar forçado.
Dedman et al. (2001)	Grã-Bretanha	1937 a 1939	<i>Boyd Orr Cohort</i>	Mortalidade.	Variáveis socioeconômicas, superlotação, abastecimento de água, banheiro, ventilação e limpeza na habitação.	Condição de habitação ruim está associado com aumento da mortalidade adulta, mas quando fatores socioeconômicos são considerados, parte das variáveis não são mais significativas.
Nardocci et al. (2013)	Cubatão – SP	2000 a 2008	Séries temporais	Doenças respiratórias e cardiovasculares.	Concentração de material particulado, ozônio, dióxido de nitrogênio, dióxido de enxofre, temperatura e umidade.	Um aumento de 10 µg/m ³ de material particulado está associado a um aumento de 5,7% de doenças respiratórias em menores de 5 anos e aumento de 2,3% de doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos.
Paiva e Souza (2018)	Brasil	1998 a 2014	Regressão linear	Doenças de veiculação hídrica.	Variáveis socioeconômicas e relacionadas ao saneamento básico.	Cerca de 16,3% das internações poderiam ser evitadas com adequada condição de saneamento. As regiões Norte e Nordeste possuem os piores indicadores.
Scriptore (2016)	Brasil	2000 e 2010	Econometria Espacial	Variáveis sobre educação e incidência de internações de DRSAI.	Variáveis socioeconômicas, sobre educação, sobre saúde e saneamento.	Além de indicar melhora em indicadores de educação, uma melhor no saneamento está relacionada a menor incidência de DRSAI. O maior resultado está no aumento de 3,281 casos com o aumento de 1% na parcela de domicílios que não têm banheiro. O efeito de transbordamento espacial da incidência de DRSAI foi positivo e significativo.
Uhr, Schmechel e Uhr (2016)	Brasil	2000 a 2011	Painel com efeitos fixos	Doenças de veiculação hídrica.	Variáveis sobre saneamento, coleta e gastos em saúde.	Um aumento de 1% no número de domicílios ligados a rede de esgoto ou nos domicílios com coleta adequada de lixo gera uma redução de 1,74% e 1% na taxa de internações hospitalares.

Fonte: Elaboração própria.

4 METODOLOGIA

A econometria espacial é o ramo da econometria que leva em conta na estratégia empírica a influência da interação espacial e da estrutura espacial em estudos com dados em corte transversal ou em painel, com o intuito de descrever os dados ou identificar causalidade (Almeida, 2012).

Com isso, será verificado se a variável de interesse, a incidência de notificação de doenças, depende de valores das incidências nas regiões vizinhas, ou seja, se há um padrão espacial sistemático que justifique a utilização do modelo econométrico espacial. É provável que localidades com elevados índices de doenças possam gerar externalidade aos vizinhos em razão das características do meio de propagação, sinalizando a presença de efeito transbordamento.

Por definição, as doenças consideradas na análise são de caráter infectocontagiosa e possuem diferentes formas de contágio, como transmissão feco-oral, transmissão por inseto vetor, transmissão por contato com a água e transmissão aérea. Assim, aspectos geográficos como o curso de rios e mares que atravessam diversas regiões levam consigo doenças e formam regiões com concentração de doenças de veiculação hídrica. O deslocamento de insetos de um local a outro também impacta na transmissão regional de algumas doenças e torna o efeito transbordamento muito sugestivo.

4.1 BANCO DE DADOS

Os dados a serem utilizados na pesquisa referem-se ao ano de 2010 com detalhamento a nível de municípios. Para a pesquisa, foram consideradas 5563 cidades brasileiras no continente, ou seja, cidades localizadas geograficamente em ilhas não foram consideradas a fim de possibilitar as estimações desejadas. Para o nível de detalhamento buscado, este trabalho foi limitado pela falta de dados para o período desejado em razão da falta de disponibilidade das variáveis explicativas sobre tipo de habitação e material na construção, sendo apenas disponíveis para o ano de 2010 no Censo demográfico. Por questões de incerteza e indefinição da previsão de publicação, o trabalho não pode esperar o novo censo de 2022. As variáveis

explicadas são extraídas do Sistema de Informações Hospitalares do SUS do DATASUS (SIH/SUS, 2021) que consiste na morbidade hospitalar do SUS. As variáveis explicativas são provenientes do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) e do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020). O Quadro 2 descreve as variáveis utilizadas e a base de dado em que foram extraídas.

Quadro 2 - Base de dados

Variáveis	Descrição	Unidade	Fonte
Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado		Casos/hab	DATASUS
Doenças do aparelho respiratório	Morbidade hospitalar do SUS por local de residência	Casos/hab	DATASUS
Arboviroses		Casos/hab	DATASUS
Dengue		Casos/hab	DATASUS
Casa		%	Censo Demográfico
Apartamento		%	Censo Demográfico
Casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco	Domicílios particulares permanentes por tipo de domicílio	%	Censo Demográfico
Oca ou maloca		%	Censo Demográfico
Parede externa de alvenaria sem revestimento	Domicílios particulares permanentes por tipo de material nas paredes externas	%	Censo Demográfico
Densidade do domicílio	População que vive em domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório	%	Censo Demográfico
Lixo coletado	Domicílios particulares permanentes por destino do lixo	%	Censo Demográfico
Energia elétrica fornecida por distribuidora	Domicílios particulares permanentes por existência de energia elétrica (e fonte)	%	Censo Demográfico
Água encanada pela rede geral de distribuição	Domicílios particulares permanentes por existência de água canalizada e forma de abastecimento	%	Censo Demográfico
Emissão de CO ₂	Emissão de CO ₂ por área do município	tCO ₂ e/km ²	SEEG
Renda	Valor do rendimento nominal médio mensal per capita dos domicílios permanentes (BRL)	BRL	Censo Demográfico
Renda ao quadrado		BRL ²	Censo Demográfico
Estabelecimentos de saúde	Quantidade de estabelecimentos de saúde máximo do ano	N/hab	DATASUS
Analfabetismo	Taxa de analfabetismo de pessoas com 18 anos ou mais	%	Censo Demográfico

Fonte: SIH/SUS (2021), IBGE (2011), SEEG (2020)

As variáveis dependentes de interesse consistem no número de internações hospitalares do SUS por doenças e segundo município de residência do paciente. Foram escolhidos três grupos de doenças para compor a parte explicada, que são: Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (*DRSAI*), doenças do aparelho respiratório (*Resp*) e arboviroses (*Arbov*). Além disso, para verificar o peso

e a diferença com as demais arboviroses, foi analisado a dengue (*Dengue*) separadamente. A partir de dados do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) de 2010, foi tirado o número de habitantes dos municípios brasileiros e, a partir dele, foi feita a relação da morbidade hospitalar para cada mil habitantes.

Para as DRSAI, foi considerado a definição elaborada pela Fundação Nacional da Saúde (Funasa), que são consideradas doenças características de locais com abastecimento de água insuficiente, esgotamento sanitário inadequado, rios e lençóis freáticos contaminados e precárias condições de habitação. O Quadro 3 apresenta a classificação das DRSAIs dividida em capítulos da Classificação Internacional de Doenças – CID-10.

Quadro 3 - Descrição das DRSAs

Categoria	Doenças	Descrição	
1. Doenças de transmissão feco-oral	Diarreias	Cólera	
		Outras Infecções por Salmonella Shigelose	
	Febres entéricas	Outras Infecções Intestinais Bacterianas Febres Tifoide e Paratifoide	
		Hepatite A	Hepatite Aguda A
2. Doenças transmitidas por inseto vetor	Dengue	Dengue (dengue clássico) Febre Hemorrágica devida ao Vírus do Dengue	
		Febre Amarela	Febre Amarela
	Leishmanioses	Leishmanioses	
	Filariose linfática	Filariose	
	Malária	Malária Por Plasmodium Falciparum Malária Por Plasmodium Vivax Malária Por Plasmodium Malariae Outras Formas de Malária Confirmadas Por Exames Parasitológicos Malária Não Especificada	
		Doença de Chagas	Doença de Chagas
		3. Doenças transmitidas através do contato com a água	Esquistossomose
	Leptospirose		Leptospirose
4. Doenças relacionadas com a higiene	Doenças dos olhos	Tracoma Conjuntivite	
		Doenças da pele	Dermatofitose Outras Micoses Superficiais
	5. Geo-helminthos e teníases	Helmintíases	Infestação Por Taenia Cisticercose Outras Infestações Por Cestoides Ancilostomíase Ascaridíase Estrongiloidíase Tricuríase Oxiuríase Outras Helmintíases Intestinais, Não Classificadas em Outra Parte Parasitose Intestinal Não Especificada Outras Helmintíases
Teníases			Equinococose

Fonte: Elaboração própria a partir de Funasa (2010)

Quanto às doenças do aparelho respiratório, foram consideradas todas as doenças do Capítulo X da CID-10, que incluem as seguintes enfermidades: faringite aguda e amigdalite aguda; laringite e traqueíte agudas; outras infecções agudas das vias aéreas superiores; influenza (gripe); pneumonia; bronquite aguda e bronquiolite aguda; sinusite crônica; outras doenças do nariz e dos seios paranasais; doenças crônicas das amígdalas e das adenóides; outras doenças do trato respiratório superior; bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas; asma; bronquiectasia; pneumoconiose; outras doenças do aparelho respiratório. Já as arboviroses, foram estudadas as doenças da malária, febre amarela e dengue.

Como variáveis explicativas, alguns parâmetros sobre condição de habitação foram selecionados. Primeiramente, um conjunto de variáveis sobre o tipo de domicílio, apresentado na forma de percentual de domicílios particulares permanentes, que são eles: casa; apartamento; habitação em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco; e oca ou maloca, respectivamente *Casa*, *Apt*, *Cort* e *Oca*. Esses dados foram extraídos do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2010 (IBGE, 2011).

Outras variáveis sobre o estado da moradia são o tipo de material das paredes externas, mais especificamente o percentual de domicílios com parede externa de alvenaria sem revestimento (*Pared*). Há também a parcela da população que vive em domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório (*Densd*), o percentual de domicílios com coleta de lixo (*Lixo*), o percentual de domicílios com energia elétrica fornecido por companhia distribuidora (*Energ*) e o percentual de domicílios em que a principal forma de abastecimento é via rede geral (*Aguar*). Todos esses dados também foram extraídos do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2010 (IBGE, 2011).

Sobre meio ambiente, a variável de emissão de CO₂ (*CO2*) considera a emissão líquida em toneladas de CO₂ equivalente e pela área do município, tomando a relação $\frac{tCO_2e}{km^2}$. O dado foi extraído do Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020) e considera as emissões brutas e a remoção de carbono pelas mudanças de solo, isto é, quando há crescimento de vegetação, seja via restauração de florestas ou regeneração de pastos, além de considerar aumentos de estoques de

carbono em florestas localizadas em unidades de conservação ou terras indígenas para o ano de 2010.

Como controle, foram utilizadas duas variáveis sobre a renda, Rpc e $Rpc2$. A primeira é o valor do rendimento nominal médio mensal per capita dos domicílios particulares permanentes expressos em reais, procedendo do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2010 (IBGE, 2011). E a segunda concernindo o valor da primeira e elevado ao quadrado. Outras duas variáveis também foram analisadas como controle tendo como base o modelo teórico apresentado sendo estabelecimentos de saúde, retirado do Sistema de Informações Hospitalares do SUS do DATASUS (SIH/SUS, 2021), e analfabetos, a partir do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística do ano de 2010 (IBGE, 2011) representando, respectivamente, o controle da oferta de saúde sobre as internações de doenças e o controle da variável de educação sobre saúde.

A tabela 1 apresenta um resumo das variáveis utilizadas nas estimações e suas estatísticas descritivas.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas

Variável	Descrição	Média	DP	Min.	Máx.
DRSAI	Morbidade hospitalar de DRSAI a cada 1000 habitantes (internações/hab)	6,13	7,34	0	73,51
Resp	Morbidade hospitalar de doenças do aparelho respiratório a cada 1000 habitantes (internações/hab)	10,21	8,36	0	108,76
Arbov	Morbidade hospitalar de arboviroses a cada 1000 habitantes (internações/hab)	0,69	1,81	0	27,63
Dengue	Morbidade hospitalar de dengue a cada 1000 habitantes (internações/hab)	0,633	1,73	0	26,83
Casa	Parcela de domicílios do tipo casa (%)	97,75	4,34	32,72	100
Apt	Parcela de domicílios do tipo apartamento (%)	1,56	3,73	0	64,46
Cort	Parcela de domicílios do tipo habitação em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco (%)	0,17	0,46	0	9,53
Oca	Parcela de domicílios do tipo oca ou maloca (%)	0,08	0,99	0	31,22
Pared	Parcela de domicílios com parede externa de alvenaria sem revestimento (%)	11,34	8,32	0	64,89
Densd	Parcela da população que vive em domicílios com densidade superior a duas pessoas por dormitório (%)	25,12	13	0,65	88,64
Lixo	Parcela de domicílios com coleta de lixo direta (%)	70,3	21,89	0	100
Energ	Parcela de domicílios com energia elétrica fornecida por companhia distribuidora (%)	96,1	7,83	10,71	100
Aguar	Parcela de domicílios com água encanada pela rede geral de distribuição em ao menos um cômodo (%)	65,64	21,03	0	100
CO2	Emissão de CO2 (tCO2e/km ²)	390,68	1627,61	-6919,6	86623,41
Rpc	Valor do rendimento nominal médio mensal per capita dos domicílios permanentes (BRL)	564,81	266,28	119,23	2303,46
Rpc2	Valor do rendimento nominal médio mensal per capita dos domicílios permanentes ao quadrado (BRL ²)	389902,5	396756,3	14215,79	5305928
Estabsau	Estabelecimentos de saúde a cada 1000 habitantes (n/hab)	1,04	0,61	0,08	7,07
Analf	Taxa de analfabetismo de pessoas com 18 anos ou mais (%)	17,41	10,69	0,97	47,64

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2011), SEEG (2020) e DATASUS (2021)

4.2 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO

Os modelos econométricos propostos são inicialmente elaborados com a concepção de modelos de regressão linear não espacial com variáveis sobre saúde, habitação, ambiente e condição socioeconômica a nível de município. Estas regressões podem ser estimadas por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) e suas equações são compostas pela variável dependente de morbidade hospitalar do SUS por doenças (*Doenças*), pelas variáveis de condição de habitação (*Casa*, *Apt*, *Cort*, *Oca*, *Pared*, *Densd*, *Lixo*, *Energ*, e *Aguar*), além da variável ambiental (*CO2*), as variáveis de renda (*Rpc* e *Rpc2*), de saúde (*Estabsau*) e educação (*Analf*) como controle. Sua fórmula pode ser expressa por:

$$\begin{aligned}
 Doen\c{c}as_i = & \beta_0 + \beta_1 Casa_i + \beta_2 Apt_i + \beta_3 Cort_i + \beta_4 Oca_i + \beta_5 Pared_i + \beta_6 Densd_i + \\
 & \beta_7 Lixo_i + \beta_8 Energ_i + \beta_9 Aguar_i + \beta_{10} CO2_i + \beta_{11} Rpc_i + \beta_{12} Rpc2_i + \beta_{13} Estabsau_i + \\
 & \beta_{14} Analf_i + \varepsilon
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

em que *Doenças* são os coeficientes de morbidade hospitalar do SUS por doenças, sendo quatro doenças ou grupos considerados: doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (*DRSAI*), doenças do aparelho respiratório (*Resp*), arboviroses (*Arbov*) e dengue (*Dengue*). Para as variáveis explicativas, *Casa* é a parcela de casas no município, *Apt* é a parcela de apartamentos, *Cort* é a parcela de habitação em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco, e *Oca* é a parcela de ocas ou malocas. *Pared* é o percentual de residências com parede de alvenaria sem revestimento, *Lixo* representa o percentual de domicílios com coleta de lixo, *Energ* o percentual de domicílios com energia elétrica da companhia distribuidora, *Aguar* a parcela com água encanada e *CO2* representa a emissão de dióxido de carbono. Além disso, *Rpc* e *Rpc2* são a renda per capita do domicílio e o seu quadrado, *Estabsau* é a relação de estabelecimentos de saúde por habitantes e, por fim, *Analf* é a taxa de analfabetismo com dezoito anos ou mais.

Espera-se que a relação de doenças com o tipo casa de habitação seja fraca, dada a grande variância da condição desta forma de residência em questão, o que justifica a inclusão do material da parede no modelo, que entra para diferenciar as casas de melhores estruturas com as de menos. De forma similar, apartamentos também possuem características variadas e podem produzir resultados mistos, além de estar fortemente ligada com desenvolvimento urbano e cidades concentradas. Portanto, é provável que doenças respiratórias estejam relacionadas negativamente com essa variável, mas o contrário para as demais avaliadas.

Em contrapartida, espera-se que a relação de residências do tipo habitação com casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco com doenças seja positiva, visto que moradias assim classificadas possuem condições precárias e insalubres, muitas vezes associadas com cômodos pequenos e falta de espaço arejado. Outro tipo de domicílio que se espera ser positivamente relacionado com doenças seria oca ou maloca, típica habitação indígena brasileira geralmente construída com madeira e palha, sem janelas e sem cômodos separados, portanto, em condições inferiores e que podem ser potencializadores de transmissão de enfermos.

Quanto à variável de lixo coletado, é esperado que seja negativamente relacionado com incidência de doenças, visto que tanto o acúmulo de lixo quanto sua disposição inadequada são propagadores de doenças. A distribuição de energia pela companhia também é essencial para reduzir proliferação de doenças, no sentido de que usos alternativos de energia como querosene, carvão e lenha, para iluminação ou aquecimento, são danosos para a saúde do indivíduo, além de contribuir para melhor qualidade de vida como um todo. Portanto a expectativa é de uma relação negativa entre incidência de doenças e energia elétrica fornecida por companhia distribuidora.

Sobre a água, a sua existência canalizada pode ter efeito dúbio sobre incidência de doenças, pois um aumento de acesso a água pode aumentar o número de casos de doenças, assim como também pode diminuir. Portanto, para cada doença analisada deve-se verificar a origem do resultado.

No tocante às emissões de poluentes, a liberação de gases de dióxido de carbono traz efeitos negativos sobre as condições atmosféricas mais imediatas na qualidade do ar, o que pode influenciar na proliferação de doenças respiratórias. Essas emissões possuem grande vínculo com renda, atividade econômica e

urbanização, podendo provocar um efeito ambíguo. Desse modo, buscou-se representar essas questões na forma de controle nas estimações.

Como pontuado anteriormente, as variáveis de renda per capita e seu quadrado estão presentes como forma de controle, não só, mas também em razão de sua influência sobre a produção de saúde do indivíduo. Porém, o uso conjunto dessas variáveis resulta numa expectativa de sinal positivo para a primeira e negativo para a segunda, visto que num nível de renda inicial a incidência de doenças pode aumentar, mas a partir de certo ponto, maiores níveis de renda podem estar associados a menores contágios de doenças. Essa relação resulta em um efeito de “U” invertido sobre a renda, fenômeno inicialmente observado por Kuznets (1955) sobre a relação entre crescimento econômico e distribuição da renda pessoal.

Considerando as demais variáveis, o número de estabelecimentos de saúde, que entra como *proxy* de cuidados médicos (Scriptore, 2016), e analfabetismo como variável de educação, também entram no arcabouço teórico da produção de saúde do indivíduo. Sendo assim, buscam capturar o efeito do investimento em saúde.

4.3 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS ESPACIAIS

A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), segundo Almeida (2012), objetiva descrever e verificar distribuições espaciais, além de identificar *outliers* e *clusters* espaciais. Antes de tudo, é necessário testar a hipótese da aleatoriedade, isto é, se não há dependência espacial entre as unidades espaciais. Se a hipótese é rejeitada, é considerável proceder com uma estimação de um modelo econométrico-espacial.

Para utilizar a AEDE, é necessário construir uma matriz de ponderação espacial (W), que expressa um arranjo espacial das observações. Essa matriz informa quanto a interação é mais forte no caso de regiões próximas, no sentido geográfico ou econômico, e mais fraco no caso de regiões distantes.

Para a construção da matriz, é preciso considerar algumas formas de definição: contiguidade, distância geográfica, socioeconômica e normalização de matriz. Porém, a teoria desenvolvida em trabalhos anteriores utiliza em grande parte da matriz de contiguidade, principalmente a matriz da forma rainha (Almeida, 2012).

Além de construir a matriz W , segundo Almeida (2012), é vantajoso realizar a normalização da matriz, visto que a soma das linhas e das colunas da matriz é finito, além de permitir a interpretação média dos valores da variável nos vizinhos para a defasagem espacial. Ademais, a matriz de ponderação espacial normalizada tem característica assimétrica, logo a influência que uma unidade cross-section age sobre seu vizinho é diferente da influência do vizinho sobre a determinada unidade cross-section. Seguindo a formulação de Almeida (2012) para normalizar a matriz, tem-se:

$$w_{ij}^*(.) = \frac{w_{ij}(.)}{\sum_j w_{ij}(.)} \quad (5)$$

Ainda assim, é possível utilizar do procedimento de Baumont (2004) em que a escolha da matriz é dada sobre aquela capaz de captar maiores efeitos espaciais no resíduo, ou seja, indicado pelo maior valor de I de Moran. Esse procedimento requer três etapas: primeiro é estimado o modelo de regressão linear simples. Em seguida extrair os resíduos dessa regressão e, por fim, aplicar a estatística I de Moran para os resíduos da regressão estimada e realizar a escolha com os resultados. De forma alternativa, Getis e Aldstadt (2004) e Stakhovych e Bijmolt (2009) propõem a escolha da matriz de acordo com o desempenho do modelo espacial. Nesse método, é estimado o modelo espacial proposto com cada matriz a ser testada e escolhida a matriz de pesos espaciais que possui o menor valor do critério de informação de Akaike (AIC).

Segundo Almeida (2012), para realizar a inferência, é preciso estimar um coeficiente de correlação espacial, que é construído como a razão de medida de autocovariância e uma medida de variação total das observações, podendo ser estimado os coeficientes de autocorrelação global, a estatística de I de Moran e a estatística c de Geary.

Na AEDE, além da matriz W , é necessário estimar uma série de estatísticas do I de Moran: univariado para todas as variáveis utilizadas; e bivariado entre a variável de interesse e cada uma das variáveis explicativas. Sendo o resultado significativo da estatística I de Moran Univariado, isso indica a presença de autocorrelação espacial

em que a variável é influenciada pelas observações da mesma variável nas regiões vizinhas. Além disso, também é necessário calcular as estatísticas de autocorrelação espacial global e local, a fim de obter resultados em diferentes níveis regionais.

A estatística I de Moran é expressa por

$$I = \left(\frac{n}{\sum_i \sum_j w_{ij}} \right) \left(\frac{z' W z}{z' z} \right) \quad (6)$$

em que $z = (Y - \bar{Y})$, sendo Y o vetor de observações e \bar{Y} o valor da média de Y , tornando z o desvio de Y em relação à média. n é o número de unidades espaciais, W é a matriz de pesos espaciais e $\sum_i \sum_j w_{ij}$ é a soma de todos os elementos de W . Como utilizou-se a matriz de ponderação espacial normalizada na linha, $\sum_i \sum_j w_{ij} = n$, fazendo com que a estatística I de Moran é simplificada para

$$I = \frac{z' W z}{z' z} \quad (7)$$

O valor esperado da estatística I de Moran é expresso como

$$E(I) = - \left[\frac{1}{n-1} \right] \quad (8)$$

e o teste de hipótese utilizado indicará aleatoriedade espacial ou dependência espacial:

H_0 : aleatoriedade espacial

H_1 : dependência espacial

sendo o critério de decisão com base no valor esperado da estatística I de Moran:

se $I = -[1/(n - 1)]$, há aleatoriedade espacial;

se $I > -[1/(n - 1)]$, há autocorrelação espacial positiva;

se $I < -[1/(n - 1)]$, há autocorrelação espacial negativa.

Segundo Almeida (2012), a estatística I de Moran não é centrado em 0, mas a partir do momento que o número de unidades espaciais aumenta, o I de Moran tende a ser centrada em 0.

Quanto ao coeficiente de autocorrelação c de Geary, é centrada em 1 e está num intervalo entre 0 e 2, podendo ter sua equação expressa como:

$$c = \left(\frac{n - 1}{2 \sum_i \sum_j w_{ij}} \right) \left(\frac{z'Wz}{z'z} \right) \quad (9)$$

sendo $E(c) = 1$, seu teste de hipótese é similar ao da estatística I de Moran. Se $c = 1$, há aleatoriedade espacial, do contrário, há autocorrelação espacial positiva se $c < 1$ e negativa se $c > 1$ (ALMEIDA, 2012).

Em conjunto com as estatísticas de autocorrelação espacial global, os coeficientes de autocorrelação espacial local são relevantes, sendo possível criar mapas de *clusters* LISA (*Local Indicator of Spatial Association*) a partir da estatística I de Moran local. Segundo Almeida (2012), sendo o coeficiente significativo à presença de *clusters* e o somatório dos coeficientes locais serem proporcional ao coeficiente global, ou seja, se $I = I_i/N$, os critérios do LISA são obedecidos e é factível sua utilização. O I de Moran local (I_i) pode ser representado como

$$I_i = \frac{z_i'Wz_j}{\sum_i \sum_j w_{ij} \left(\frac{z_i'z_i}{n} \right)} \quad (10)$$

com W normalizada na linha

$$I_i = z_i W z_i \quad (11)$$

Se $I_i \geq 0$, os *clusters* tendem a ser diretamente proporcionais aos valores da variável de interesse de seus vizinhos, enquanto um $I_i \leq 0$ tende a *clusters* inversamente proporcionais, mas caso $I = 0$, não são verificados *clusters* (Anselin, 1995).

Com esses valores, de acordo com Almeida (2012), é possível demonstrar o mapa de *clusters* LISA e o diagrama de dispersão de Moran, que mostram os agrupamentos significativos dos municípios associados, podendo ser do tipo Alto-Alto quando a variável observada com valor alto é acompanhada de vizinhança com a mesma característica; Baixo-Baixo quando a variável observada com valor baixo é acompanhada de vizinhança com a mesma característica; Alto-Baixo quando a variável observada com valor alto é acompanhada de vizinhança com valor baixo e Baixo-Alto sendo o inverso. Para Anselin (1995), as observações detectadas no mapa de *clusters* LISA como Alto-Baixo e Baixo-Alto são *outliers* espaciais e tem potencial de deturpação da inclinação do I de Moran.

Além disso, por meio do *boxmap*, são observados os *outliers* globais superiores e inferiores da variável de interesse, que são observações que não seguem o mesmo processo de dependência espacial que a maior parte dos dados e exercem grande influência no grau de associação espacial (Almeida, 2012). Assim, uma variável *dummy* para *outliers* é uma sugestão factível quando identificado *outliers* globais superiores.

A análise da autocorrelação espacial bivariada segue de princípios semelhantes à univariada, com distinção na interpretação do resultado. Para a autocorrelação espacial global bivariada, o intuito é descobrir se os valores de uma variável observada em uma dada região guardam correlação sistemática com os valores de uma outra variável observada em regiões vizinhas (Almeida, 2012). Sendo assim, tem-se a estatística I de Moran global bivariada dada por

$$I^{z_1 z_2} = \frac{z_1' W z_2}{z_1' z_1} \quad (12)$$

em que z_1 e z_2 são variáveis padronizadas das variáveis de interesse.

Já a autocorrelação espacial bivariada local indica o grau de associação linear, positiva ou negativa, entre o valor de uma variável em um local e a média de outra variável nos locais vizinhos (Anselin, 2003). Com isso, a estatística I de Moran local bivariada pode ser escrita como

$$I_i^{z_1 z_2} = z_{1i} W z_{2i} \quad (13)$$

A análise da autocorrelação espacial bivariada é visualizada de forma semelhante à univariada, sendo por meio de diagrama de dispersão de Moran bivariado, mapa de dispersão de Moran bivariado e mapa de *clusters* bivariado. Assim como a técnica de identificação de *outliers* espaciais é semelhante, mas por meio do diagrama de dispersão de Moran bivariado e o mapa de *clusters* bivariado.

4.4 MODELAGEM DAS INTERAÇÕES ESPACIAIS

A abordagem padrão na maioria das análises espaciais é começar com um modelo de regressão linear não espacial e testar se esse modelo *benchmark* necessita incluir efeitos com interação espacial (Elhorst, 2014), e é representado como

$$Y = \alpha \iota_N + X\beta + \varepsilon \quad (14)$$

em que Y denota um vetor $N \times 1$ de uma observação da variável dependente para cada unidade da amostra ($i = 1, \dots, N$), ι_N é um vetor $N \times 1$ de uns associado com a constante α , X é a matriz de variáveis explicativas exógenas $N \times K$, β é um vetor $K \times 1$

associado com os parâmetros a serem estimados, $\varepsilon = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_N)^T$ é o vetor de desvios idiossincráticos, em que ε_i é assumido ser independente e identicamente distribuído para todo i com média zero e variância σ^2 .

A fim de comparação, considera-se a estimação de um modelo sem correção para dependência espacial, como o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), o modelo de regressão linear comumente estimado. Então, testa-se a hipótese de variância dos efeitos não observados via teste de Breusch-Pagan para constatar a adequação do modelo de MQO, o que não é esperado (Almeida, 2012). Além disso, os testes Multiplicador de Lagrange (ML) para defasagem e para o erro são verificados e, caso significativos, é indicado uso de modelos com efeito espacial.

Considerando dados em *cross-section*, o modelo espacial com todos os tipos de efeitos de interação *general nesting spatial* (GNS) é representado como:

$$Y = \delta WY + \alpha \iota_N + X\beta + WX\theta + u; \quad u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (15)$$

sendo WY o efeito de interação endógena da variável dependente, WX o efeito de interação exógena entre as variáveis independentes, e Wu o efeito de interação no termo de erro das diferentes unidades.

A partir da inclusão de restrições ao GNS, seis modelos de dados *cross-section* com dependência espacial podem ser estimados: SAC, SDEM, SDM, SEM, SAR e SLX.

Quando $\theta = 0$, têm-se representado o modelo SAC (*Modelo de Defasagem Espacial*):

$$Y = \delta WY + \alpha \iota_N + X\beta + u; \quad u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (16)$$

Caso $\lambda = 0$, encontra-se o modelo SDM (*Modelo Espacial de Durbin*):

$$Y = \delta WY + \alpha_{t_N} + X\beta + WX\theta + \varepsilon \quad (17)$$

Se $\delta = 0$, o modelo obtido SDEM (*Modelo de Erro Espacial de Durbin*) é expresso por:

$$Y = \alpha_{t_N} + X\beta + WX\theta + u; \quad u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (18)$$

Quando $\theta = 0$ e $\lambda = 0$, têm-se o modelo SAR (*Modelo de Defasagem Espacial*), descrito como:

$$Y = \delta WY + \alpha_{t_N} + X\beta + \varepsilon \quad (19)$$

No caso de $\theta = 0$ e $\delta = 0$, o modelo originado é o SEM (*Modelo de Erro Espacial*):

$$Y = \alpha_{t_N} + X\beta + u; \quad u = \lambda Wu + \varepsilon \quad (20)$$

Por fim, caso $\lambda = 0$ e $\delta = 0$, obtém-se o modelo SLX (*Modelo Espacial Cross-regressivo*), expresso por:

$$Y = \alpha_{t_N} + X\beta + WX\theta + \varepsilon \quad (21)$$

Note que, quando todas as restrições são impostas ao modelo GNS, $\theta = 0$, $\lambda = 0$ e $\delta = 0$, têm-se o modelo linear não espacial, ou o modelo de Mínimos Quadrados Ordinários.

4.5 EFEITOS DIRETOS E INDIRETOS

A partir de sua construção, os modelos MQO não permitem efeito indireto (*spillover*), visto que assume implicitamente que diferentes unidades são independentes entre si, o que o restringe principalmente tratando-se de dados espaciais (Vega e Elhorst, 2013).

Apesar do modelo SEM possuir dependência espacial, não há efeito transbordamento em sua estimação, sendo uma grande limitação caso o efeito *spillover* seja de interesse. Portanto, assim como no MQO, o único efeito captado é o efeito direto, ou seja, o efeito de uma mudança em uma variável explicativa particular numa unidade da variável dependente particular da mesma unidade.

Assim, caso seja de interesse obter o efeito *spillover*, outros modelos devem ser considerados. Um deles é o modelo SAR, que, reescrito para a forma reduzida é possível obter os efeitos direto e indireto:

$$Y = (I - \rho w)^{-1} \alpha \iota_N + (I - \rho w)^{-1} X \beta + (I - \rho w)^{-1} \varepsilon \quad (22)$$

A matriz de derivadas parciais da esperança de Y em relação à k -ésima variável explicativa de X da unidade 1 a N é:

$$\left[\frac{\partial E(Y)}{\partial x_{1k}} \dots \frac{\partial E(Y)}{\partial x_{Nk}} \right] = (I - \rho w)^{-1} \beta_k \quad (23)$$

Sendo assim, os elementos da diagonal da matriz representam os efeitos diretos, enquanto os elementos fora da diagonal são os efeitos *spillover*. Vale pontuar que o procedimento é similar para o modelo SAC, que possui os mesmos efeitos diretos e indiretos do modelo SAR.

O fato de os modelos SAR e SAC possuírem toda a estrutura de dependência espacial reduzida a um único coeficiente desconhecido (ρ), incorre numa considerável limitação (Pinkse e Slade, 2010). Além disso, a razão entre efeito direto e efeito indireto não depende de β_k , ou seja, essa razão é a mesma para todas as variáveis explicativas, o que é improvável em diversos estudos empíricos (Vega e Elhorst, 2013). Ademais, o uso de uma mesma matriz para os termos de *lag* e erro podem conduzir para problemas de identificação.

Já para os modelos SLX e SDEM, a matriz de derivadas parciais da esperança de Y em relação à k -ésima variável explicativa de X da unidade 1 a N é:

$$\left[\frac{\partial E(Y)}{\partial x_{1k}} \dots \frac{\partial E(Y)}{\partial x_{Nk}} \right] = \beta_k I + \mathbf{W}\theta_k \quad (24)$$

Sendo assim, o efeito direto é o coeficiente estimado das variáveis não espaciais, β_k , e o efeito indireto é o coeficiente associado com as variáveis com dependência espacial, θ_k .

Para o modelo SDM, considere a sua forma reduzida:

$$Y = (I - \rho\mathbf{W})^{-1}\alpha\iota_N + (I - \rho\mathbf{W})^{-1}(X\beta + \mathbf{W}X\theta) + (I - \rho\mathbf{W})^{-1}\varepsilon \quad (25)$$

A matriz de derivadas parciais da esperança de Y em relação à k -ésima variável explicativa de X da unidade 1 a N é:

$$\left[\frac{\partial E(Y)}{\partial x_{1k}} \dots \frac{\partial E(Y)}{\partial x_{Nk}} \right] = (I - \rho w)^{-1}[I\beta_k + \mathbf{W}\theta_k] \quad (26)$$

Portanto, o efeito *spillover* é dado pelos elementos fora da diagonal da matriz, enquanto o efeito direto são os elementos da diagonal.

Assim como nos modelos SLX e SDEM, no modelo SDM não há restrições impostas na razão entre os efeitos direto e indireto. Isso se deve ao fato de dependem, não só do parâmetro ρ e de W , mas também do coeficiente estimado θ_k (Elhorst, 2010). Isso também é aplicado ao modelo GNS, apesar de ser apenas um modelo de referência como ponto de partida de modelos espaciais, visto que possui todas possíveis interações espaciais, deixando os parâmetros fracamente identificáveis e a estimação com excesso de parâmetros, tendendo à insignificância deles.

Abaixo, o Quadro 4 apresenta um resumo dos efeitos diretos e indiretos de cada modelo espacial e seu alcance.

Quadro 4 - Efeitos diretos e indiretos de cada modelo estimado

Modelo	Efeito Direto	Efeito Indireto	Alcance
OLS/SEM	β_k	0	-
SAR/SAC	Elementos da diagonal $(I - \rho W)^{-1} \beta_k$	Elementos fora da diagonal $(I - \rho W)^{-1} \beta_k$	Global
SLX/SDEM	β_k	θ_k	Local
SDM/GNS	Elementos da diagonal $(I - \rho W)^{-1} [\beta_k + W \theta_k]$	Elementos fora da diagonal $(I - \rho W)^{-1} [\beta_k + W \theta_k]$	Global / Local

Fonte: Elhorst (2014)

Em modelos de alcance global, uma mudança na variável explicativa em qualquer local será transmitida a todos outros locais na sequência da matriz W (VEGA e ELHORST, 2013). Segundo LeSage e Pace (2011), no efeito *spillover* global está presente o efeito *feedback*, resultado a partir dos impactos que passam por unidades vizinhas (da região i para j , da j para k) e retornam para a região onde mudança foi originada (região i). Sendo assim, o efeito *spillover* global é dificilmente justificado (Gibbons e Overman, 2012). Por outro lado, em modelos de alcance local não há efeito *feedback*, ou seja, não são transmitidos para todos as unidades espaciais, mas para uma região próxima do local apenas o efeito *spillover* (Vega e Elhorst, 2013).

4.6 MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO

Modelos econométricos espaciais podem ser estimados por Máxima Verossimilhança (MV), Máxima Quase-Verossimilhança (MQV), Variável Instrumental (VI), Método Generalizado de Momentos (MGM) ou pela Abordagem Bayesiana de Monte Carlo via Cadeia de Markov (MCMC) (Elhorst, 2014).

Uma vantagem da MQV e VI/MGM é a não dependência da hipótese de normalidade do erro ε , já que esses estimadores assumem que os termos de erro ε_i são independente e identicamente distribuídos para todo i com média zero e variância σ^2 . Porém, ao utilizar VI/MGM, o termo Jacobiano é ignorado, e a restrição do intervalo $(1/r_{min}, 1)$ não é considerado, tornando provável que o coeficiente estimado δ no modelo SAR ou o coeficiente estimado λ do modelo SEM sejam obtidos fora de seus parâmetros de espaço (Elhorst, 2014).

Além disso, estimadores VI/MGM são úteis para os casos de modelos lineares de dependência espacial com uma ou mais variáveis explicativas endógenas, excluindo a variável dependente com defasagem espacial, que necessitam de instrumento pelo fato de erros de medição em variáveis explicativas, variáveis omitidas correlacionadas com variáveis explicativas ou por causa da existência de um conjunto oculto de equações estruturais simultâneas (Elhorst, 2014).

Como indica Elhorst (2014), estimadores de MV ou MCMC de modelos de equação única com uma defasagem espacial, com ou sem um processo de erro espacial, e com variáveis endógenas adicionais, não são apresentados na literatura de econometria espacial, sendo difícil, se não impossível, de obter derivadas. Sendo assim, modelos com essas características podem ser facilmente estimados por Mínimos Quadrados de Dois Estágios (MQ2E) ou por um misto MQ2E/MGM.

Segundo Almeida (2012), a estimação do modelo SAR é adequada por MV e MQ2E. Utilizando a função log-verossimilhança concentrada, o coeficiente ρ é obtido pela sua otimização numérica, levando a posterior solução de β e σ^2 . Se os pressupostos são satisfeitos, o estimador MV é o mais eficiente entre todos os estimadores lineares e não-lineares. Porém, existem algumas desvantagens, como o não tratamento de variáveis endógenas, ocorrendo problemas de simultaneidade, visto que numa estimação consistente de MV, todas as variáveis devem ser exógenas. Além disso, a regressão deve estar corretamente especificada e é necessário normalidade nos termos de erro e homoscedasticidade. Quando considerada a estimação por MQ2E, mais instrumentos do que variáveis endógenas devem estar presentes, assim superando desvantagens da MV, visto que, além de lidar com a endogeneidade, dispensa da normalidade dos termos de erro e lida facilmente com heterocedasticidade. Apesar disso, possui desvantagens: pode ficar fora do intervalo

da Jacobiana, em pequenas amostras tende a ser viesado e há dificuldade em encontrar bons instrumentos (Almeida, 2012).

Já para a estimação do modelo SEM, tanto a MV e MGM são recomendados por Almeida (2012). Assim como o caso do SAR, é utilizada a função log-verossimilhança concentrada para obter λ e posteriormente encontrar β e σ^2 . O procedimento via MGM gera valores de λ consistentes, chegando ao β via estimação por MQO seguida da resolução de um sistema de condições de momento com os resíduos e as suas defasagens espaciais para encontrar λ , além de transformar as variáveis do modelo filtrando espacialmente y e X , para, enfim, chegar a β via estimador de mínimos quadrados generalizados exequível.

Para o modelo SLX, quando as variáveis explicativas são exógenas, a estimação via MQO ou MV é adequada, mas caso haja alguma variável explicativa endógena, a estimação é feita via MQ2E com instrumentos para as variáveis endógenas (Almeida, 2012). Modelos SDM, quando não há variáveis explicativas endógenas, podem ser estimados por MV, mas caso haja, estima-se via MQ2E com variáveis instrumentais (Almeida, 2012; Elhorst, 2014). Para o modelo SAC, tanto a estimação por MV quanto para mínimos quadrados em dois estágios espacial generalizado são adequados. Por fim, para modelos SDEM, quando as variáveis explicativas e suas defasagens espaciais são exógenas, utiliza-se a MV, caso contrário, a estimação MGM com instrumentos pode ser utilizada (Almeida, 2012).

4.7 CRITÉRIO DE ESCOLHA DO MODELO ESPACIAL

Para verificar a aplicabilidade dos modelos espaciais a favor de modelos não espaciais, testes propostos por Anselin (2013) serão aplicados, como o teste de Wald (W), Razão de Verossimilhança (LR) e Multiplicador de Lagrange (LM), em que suas rejeições indicam a utilização de modelos espaciais. Segundo Anselin (2013), esses testes são baseados no estimador de máxima verossimilhança e suas propriedades ótimas, principalmente a normalidade assintótica dos estimadores.

O teste de Wald é dado por:

$$W = g'[G'VG]^{-1}g \quad (27)$$

em que g é um vetor $q \times 1$ dos resultados quando imposto restrições nos parâmetros estimados por MV, G é a matriz de derivadas parciais $\frac{\partial g'(\theta)}{\partial(\theta)}$ e V é a matriz de variância assintótica estimada. A estatística de Wald é assintoticamente distribuída como χ^2 com o número de restrições q graus de liberdade (Anselin, 2013).

O teste LR é baseado na diferença entre os modelos log máxima verossimilhança restrito (não espacial) e irrestrito (espacial), sendo representado como:

$$LR = 2[L(\theta) - L(\theta_R)] \quad (28)$$

em que $L(\theta)$ é o log de máxima verossimilhança do modelo irrestrito e $L(\theta_R)$ o log de máxima verossimilhança do modelo restrito. O teste RV também é assintoticamente distribuído como χ^2 com q graus de liberdade (Anselin, 2013).

O teste LM também utiliza da função log máxima verossimilhança, mas apenas do modelo restrito, baseando-se na otimização da função lagrangeana do modelo. O teste pode ser expresso como:

$$ML = d'_R I(\theta_R)^{-1} d_R \quad (29)$$

em que d_R é o vetor de escores do modelo restrito e $I(\theta_R)$ é a matriz de informação. A estatística de teste LM também é distribuída assintoticamente como χ^2 com q graus de liberdade (Anselin, 2013).

Outro critério de escolha do modelo é o Critério de Informação de Akaike (AIC), em que seu resultado é comparado entre os modelos estimados. O critério pode ser expresso como:

$$AIC = 2k - L(\theta) \quad (30)$$

em que k é o número de parâmetros do modelo e $L(\theta)$ é o log de máxima verossimilhança do modelo estimado. A comparação pode ser feita entre os modelos não espaciais, espaciais ou ambos.

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS ESPACIAIS DAS VARIÁVEIS

A AEDE descreve e traz visualizações sobre as interações espaciais, o que expõe os possíveis *outliers* e *clusters* espaciais. A princípio, deve-se testar a hipótese de aleatoriedade antes das estimações espaciais para justificar o uso do modelo espacial. Caso a hipótese nula seja rejeitada, é recomendado utilizar da modelagem espacial nas estimações. Para tal, são calculadas as estatísticas I de Moran e a estatística c de Geary, que denotam a correlação espacial e indicam a decisão da hipótese de aleatoriedade. A Tabela 2 mostra os resultados das estatísticas I de Moran para as variáveis dependentes analisadas.

Tabela 2 - Estatística I de Moran das variáveis dependentes

Variável	I	$E(I)$	sd	p-valor
DRSAI	0,389	-0,001	0,001	0,000
Resp	0,357	-0,001	0,001	0,000
Arbov	0,293	-0,001	0,001	0,000
Dengue	0,279	-0,001	0,001	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Segundo os resultados da Tabela 2, o I de Moran indicou a rejeição da hipótese de aleatoriedade ao nível de 99% de confiança em todos os casos de doenças a cada mil habitantes analisados. Sendo assim, os resultados indicam a presença de autocorrelação espacial global positiva, o que sugere o uso de modelos espaciais.

Para a estatística c de Geary, a hipótese de aleatoriedade também indicou sua rejeição, como mostra a Tabela 3. Os resultados seguem a mesma tendência da estatística I de Moran, corroborando com a análise anterior em que há autocorrelação espacial global positiva.

Tabela 3 - Estatística *c* de Geary das variáveis dependentes

Variável	<i>c</i>	Eveja	sd	p-valor
DRSAI	0,612	1,000	0,001	0,000
Resp	0,628	1,000	0,001	0,000
Arbov	0,715	1,000	0,001	0,000
Dengue	0,732	1,000	0,001	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Para auxiliar a visualização dos resultados da estatística *I* de Moran de cada município, a Figura 3 apresenta os diagramas de dispersão das variáveis dependentes, mostrando a tendência espacial existente nessas variáveis. De forma conjunta, também se expõe os mapas representando as concentrações espaciais existentes de cada uma das variáveis explicadas nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

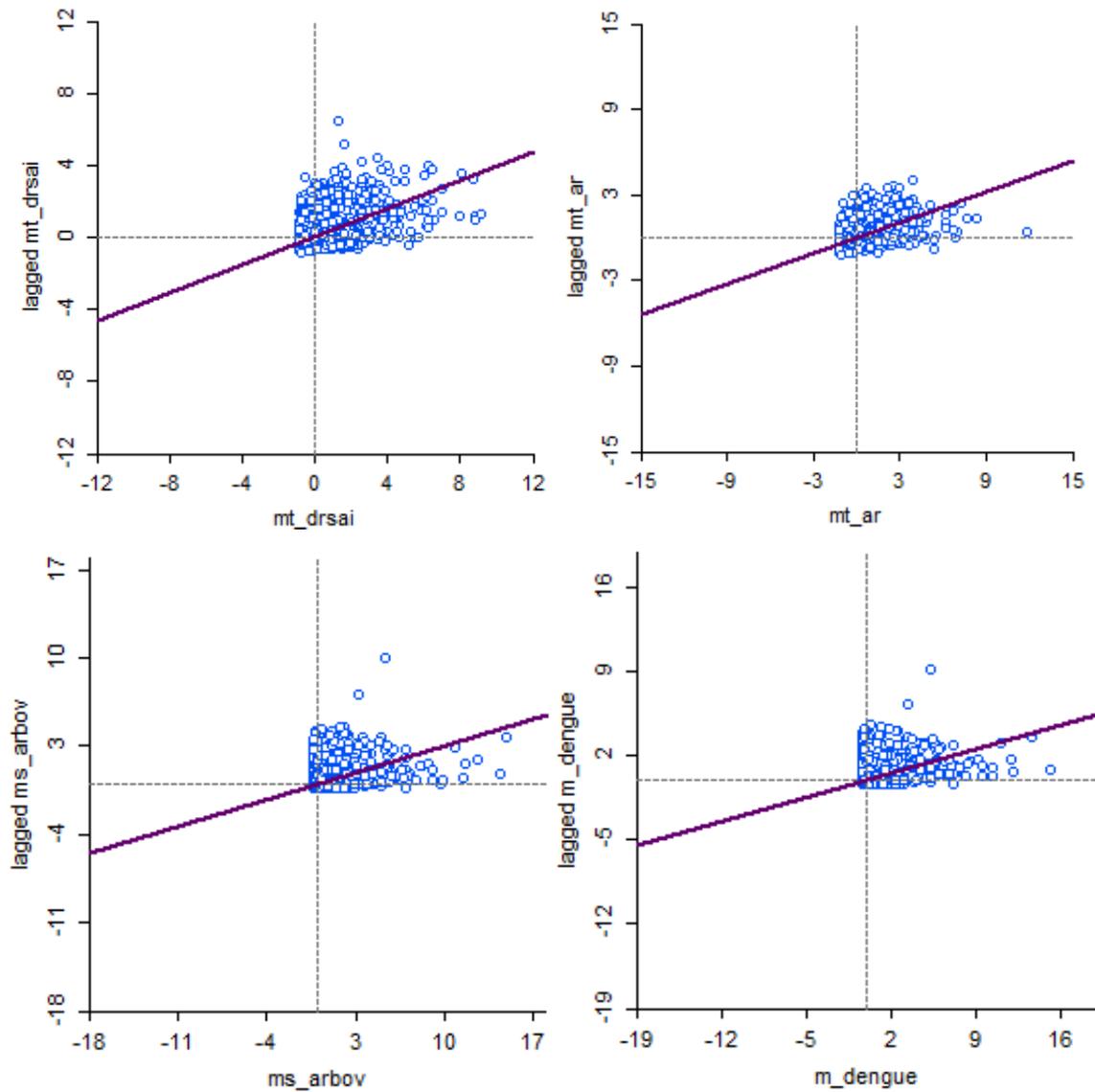
Para a morbidade hospitalar de DRSAI, observa-se grande concentrações de valores “Alto-Alto” do *I* de Moran local, notadamente nas regiões da bacia do Rio Araguaia em Goiás e Mato Grosso, no estado de Rondônia, na porção leste da Amazônia Legal e espalhado pela região nordestina, principalmente em pontos no Sertão e Meio-Norte. Já nas concentrações “Baixo-Baixo”, prevalece na região Sudeste um grande aglomerado de municípios, com aglutinações também na região costeira do Sul e interior do Rio Grande do Sul, além de espalhados pontos na costa do Nordeste.

Considerando as concentrações para as doenças respiratórias, notam-se localidades “Alto-Alto” no interior da região Sul, leste do Pará e Bahia, com alguns outros menores agrupamentos, enquanto localidades “Baixo-Baixo” foram evidenciadas no estado do Amazonas, Amapá e Minas Gerais, além das regiões litorâneas do Nordeste e Sudeste.

A respeito das arboviroses, é evidente o significativo aglomerado “Baixo-Baixo” da região Sul e Sudeste, além de pontos na região Nordeste. Ademais, regiões “Alto-Alto” foram estabelecidas no estado de Roraima, Rondônia, Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás, além de menores partes espalhadas pelo Nordeste. Essas regiões são basicamente as mesmas quando analisado o mapa para dengue, porém

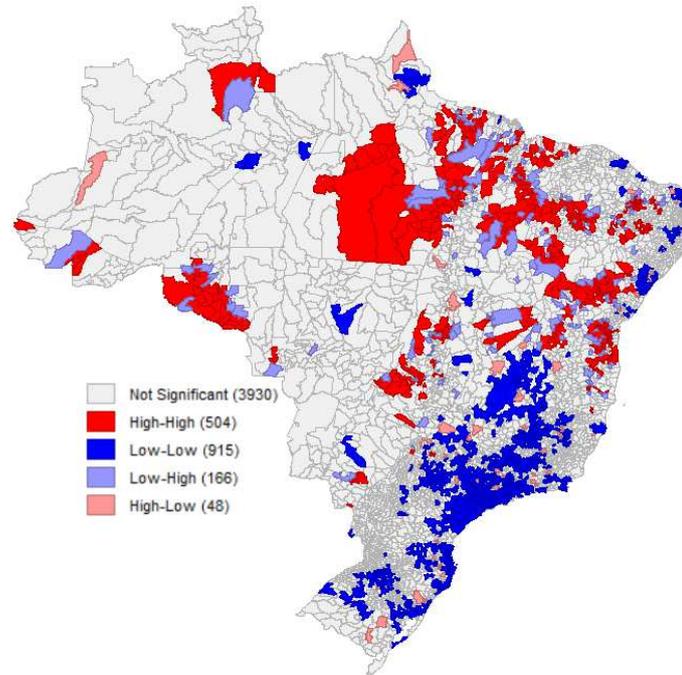
com *clusters* “Alto-Alto” menores e novos aglomerados “Baixo-Baixo”, como visto na região do Amazonas.

Figura 3 - Dispersão de Moran para as variáveis dependentes: DRSAI, Resp, Arbov e Dengue



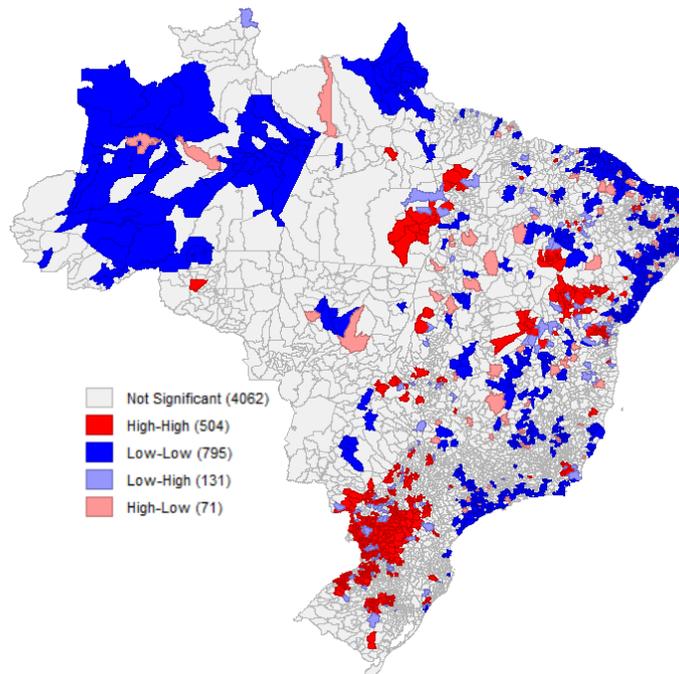
Fonte: Resultados da pesquisa

Figura 4 - Mapa da estatística I de Moran Local para DRSAI



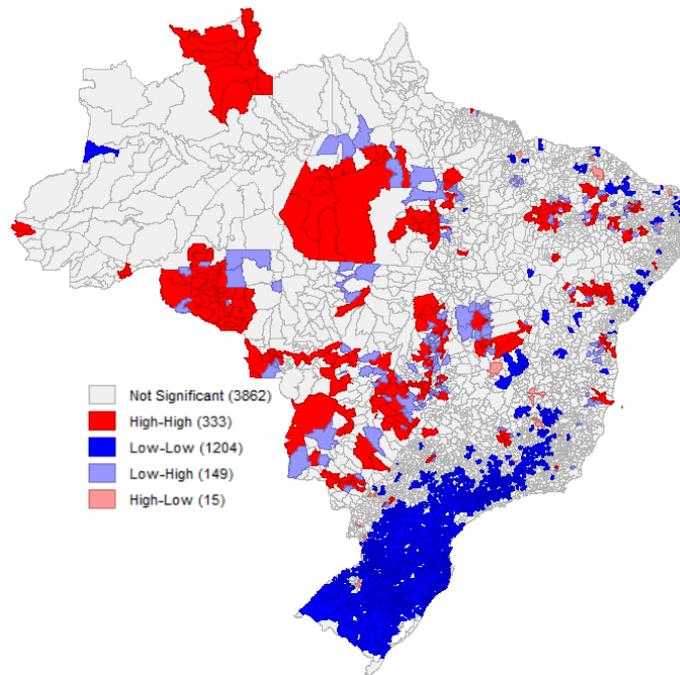
Fonte: Resultados da pesquisa

Figura 5 - Mapa da estatística I de Moran Local para Doenças Respiratórias



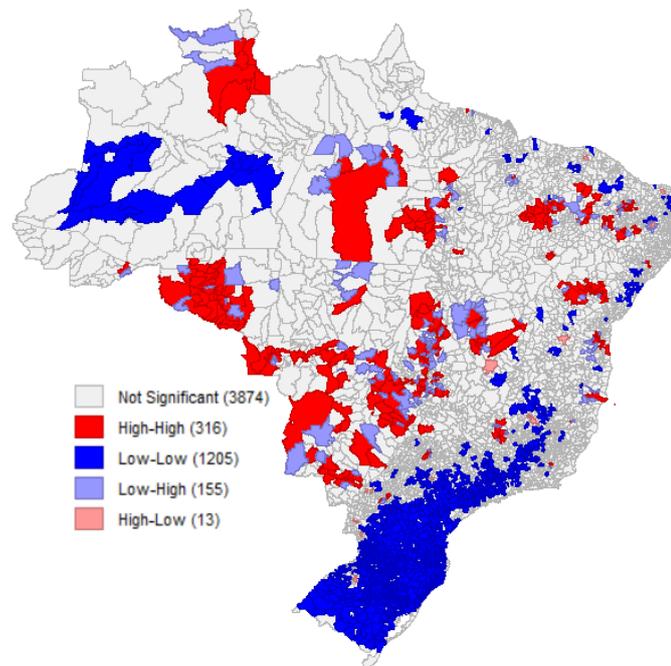
Fonte: Resultados da pesquisa

Figura 6 - Mapa da estatística I de Moran Local para Arboviroses



Fonte: Resultados da pesquisa

Figura 7 - Mapa da estatística I de Moran Local para Dengue



Fonte: Resultados da pesquisa

5.2 PROCESSO DE ESCOLHA DO MODELO E DA MATRIZ ESPACIAL

Como parte do processo auxiliador de escolha do modelo a ser estimado e da matriz de pesos espaciais, são realizados processos em que se comparam resultados e analisam hipóteses. Sobre a escolha do modelo, os testes de Razão de Verossimilhança (LR) e Multiplicador de Lagrange (LM) são considerados em conjunto com o critério de informação de Akaike (AIC) como suporte à definição do modelo a ser analisado. Já para a escolha da matriz, analisam-se a estatística I de Moran para os resíduos do modelo sem efeitos espaciais e o critério de informação de Akaike do modelo espacial escolhido.

Inicialmente são realizados os testes LM como apoio à seleção do modelo espacial. Conforme a estratégia traçada de acordo com Elhorst (2010), primeiro é estimado o modelo de MQO, que é o mais específico de todos e serve como base de comparação com os modelos SAR, SEM e SAC. Então, o teste LM serve como meio de comparar esses três modelos na forma clássica (Lmerr, Lmlag e SARMA) e robusta (RLMerr e RLMlag). Além do MQO, o outro modelo base de comparação é o SLX, porém serve para opor os modelos SDM e SDEM também na forma clássica e robusta.

A partir dos resultados dos testes LM apresentados no apêndice, pode-se inferir que os testes robustos indicam o uso de modelos de erros espaciais na maioria dos casos, sendo exceção para os modelos sobre DRSAI e doenças respiratórias quando considerada a matriz de distância inversa. Na forma clássica, todas as situações indicam para o modelo SAC, mas como discutido anteriormente, o fato do modelo SAC possuir toda a estrutura de dependência espacial reduzida a um único coeficiente desconhecido (ρ), incorre numa considerável limitação (Pinkse e Slade, 2010). Além disso, a razão entre efeito direto e efeito indireto não depende de β_k , ou seja, essa razão é a mesma para todas as variáveis explicativas, o que é improvável em diversos estudos empíricos (Vega e Elhorst, 2013). Ademais, o uso de uma mesma matriz para termos de *lag* e erro podem conduzir para problemas de identificação. Portanto, com as relações LM-lag > LM-erro e RLM-lag > RLM-erro, o resultado considerado indica a preferência dos modelos com efeito de interação endógena da variável dependente sobre modelos com interação no termo de erro. Além disso, dada a significância do teste robusto, a escolha do modelo é apontada para o SDM.

Segundo Elhorst (2013), o teste LR possui restrições sobre a contraposição de modelos não comparáveis, como o SDM com o SDEM. Logo, outro procedimento de escolha é necessário, sendo a comparação do Critério de Informação de Akaike (AIC) entre os modelos espaciais o próximo passo. A Tabela 4 expressa os resultados do AIC para cada modelo espacial e para cada modelo estimado.

Tabela 4 - Critério de Informação de Akaike dos modelos espaciais

Modelo	DRSAI	Resp	Arbov	Dengue
SEM	36404	37934	21486	21035
SAR	36366	37916	21480	21030
SAC	36111	38055	21324	20893
SDEM	36258	37886	21428	20984
SDM	36218	37864	21399	20960
SLX	37214	38829	22156	21655

Fonte: Resultados da pesquisa

Para as estimações de DRSAI, arboviroses e dengue, o menor AIC é do modelo SAC, porém, como discutido anteriormente, não é um modelo adequado para ser utilizado. Portanto, o segundo menor AIC dessas três estimações e o menor para doenças respiratórias é do modelo SDM, corroborando com os resultados dos testes anteriores. Desta forma, pelos testes realizados no intuito de selecionar o modelo espacial que melhor se ajusta aos dados disponíveis, o Modelo Espacial de Durbin (SDM) é indicado.

Realizada a escolha do modelo, é preciso definir a matriz de pesos espaciais que melhor se ajusta ao modelo, sendo feita a partir de dois procedimentos. A princípio, comparam-se os valores do critério de informação de Akaike na estimação do modelo espacial escolhido para cada matriz considerada na pesquisa. Posteriormente, verificam-se os resultados da estatística I de Moran também para cada matriz, mas aplicada aos resíduos do modelo básico não espacial, sendo de interesse o número de maior valor. As Tabelas 5, 6, 7 e 8 mostram os resultados das quatro estimações para cada uma das três matrizes consideradas.

Tabela 5 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de DRSAI

Matriz	AIC	I de Moran
Queen	36218	0,3035
Distância inversa	36302	0,1421
2 vizinhos mais próximos	36536	0,3488

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 6 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de doenças respiratórias

Matriz	AIC	I de Moran
Queen	37864	0,2964
Distância inversa	37932	0,14
2 vizinhos mais próximos	38175	0,3413

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 7 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de arboviroses

Matriz	AIC	I de Moran
Queen	21399	0,2687
Distância inversa	21279	0,1548
2 vizinhos mais próximos	21690	0,2891

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 8 - Escolha da matriz de pesos espaciais do modelo de dengue

Matriz	AIC	I de Moran
Queen	20960	0,2568
Distância inversa	20892	0,1372
2 vizinhos mais próximos	21230	0,2748

Fonte: Resultados da pesquisa

Conforme observado, os resultados não são claros para a escolha da matriz. Enquanto o I de Moran indica para a matriz de pesos espaciais dos dois vizinhos mais próximos, o critério de informação de Akaike indica a matriz Queen para a estimação de DRSAI e a matriz de distância inversa para as demais. Porém, vale destacar que o número de vizinhos mais próximos considerado pelo procedimento de Baumont (2004) é muito baixo e não é capaz de estimar efetivamente os efeitos espaciais desejáveis na pesquisa, e um aumento no número de vizinhos reduz drasticamente o

resultado do I de Moran. Ademais, para os dados presentes, a matriz de distância inversa também não é capaz de estimar efetivamente os efeitos espaciais, ou seja, a autocorrelação espacial é mantida. Portanto, a escolha da matriz se resume à matriz Queen de contiguidade.

Feita a escolha da matriz, verificou-se o novo I de Moran de cada modelo SDM, a fim de mostrar que a autocorrelação espacial dos dados foi eliminada, como evidenciado na Tabela 9. Como esperado, as estatísticas dos testes não são rejeitadas, validando o uso do modelo espacial.

Tabela 9 - Novo I de Moran

	Estatística	p-valor
DRSAI	-0,0332	0,999
Resp	-0,0259	0,999
Arbov	-0,0236	0,999
Dengue	-0,0212	0,994

Fonte: Resultados da pesquisa

5.3 RESULTADOS SOBRE DRSAI

Dada a presença de autocorrelação espacial global e local observada pelas estatísticas I de Moran e c de Geary nos quatro conjuntos de enfermidades analisadas, verificou-se que o uso de modelos econométricos é apontado para corrigir prováveis vieses pela não consideração de componentes espaciais nas estimações. Portanto, feito os devidos procedimentos, foi compreendido que o modelo mais apropriado é o Modelo Espacial de Durbin (SDM), tendo como matriz de pesos espaciais mais adequada a matriz de contiguidade do tipo Queen. Com isso em mente, os resultados obtidos passam a ser estimados a partir da equação 31:

$$\begin{aligned}
DRSAI_i = & \beta_0 + \beta_1 Casa_i + \beta_2 Apt_i + \beta_3 Cort_i + \beta_4 Oca_i + \beta_5 Pared_i + \beta_6 Densd_i + \beta_7 Lixo_i \\
& + \beta_8 Energ_i + \beta_9 Aguar_i + \beta_{10} CO2_i + \beta_{11} Rpc_i + \beta_{12} Rpc2_i + \beta_{13} Estabsau_i \\
& + \beta_{14} Analf_i + \delta WDRSAI_i + \theta_1 WCasa_i + \theta_2 WApt_i + \theta_3 WCort_i \\
& + \theta_4 WOca_i + \theta_5 WPared_i + \theta_6 WDensd_i + \theta_7 WLixo_i + \theta_8 WEnerg_i \\
& + \theta_9 WAguar_i + \theta_{10} WCO2_i + \theta_{11} WRpc_i + \theta_{12} WRpc2_i + \theta_{13} WEstabsau_i \\
& + \theta_{14} WAnalf_i + \varepsilon
\end{aligned}$$

(31)

Em que β_0 é o intercepto, e ε são os desvios idiossincráticos da regressão. Os coeficientes β_1 a β_{14} , δ e θ_1 a θ_{14} representam os termos da matriz de derivadas parciais da esperança de $DRSAI$, servindo de base no cálculo dos efeitos diretos e indiretos, que são os elementos da diagonal e os elementos fora da diagonal da matriz respectivamente. Vale ressaltar que o efeito total é estimado e corresponde à soma dos efeitos diretos e indiretos. Na Tabela 10 estimou-se esse modelo SDM com a matriz Queen de contiguidade normalizada.

Tabela 10 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de DRSAl pelo SDM

	Efeito Direto	Efeito Indireto	Efeito Total
Casa	0,1167 (0,0738)	-0,3272 (0,2668)	-0,2105 (0,2865)
Apt	0,0197 (0,0830)	-0,5923** (0,2833)	-0,5726 (0,3073)
Cort	0,0487 (0,2189)	1,0237 (0,8734)	1,0724 (0,9605)
Oca	0,2909** (0,1217)	-0,4707 (0,4030)	-0,1798 (0,4202)
Pared	-0,057*** (0,0157)	0,1081*** (0,0326)	0,0511** (0,3003)
Densd	-0,0512*** (0,0186)	-0,0407 (0,0335)	-0,0919*** (0,0297)
Lixo	-0,0094 (0,0057)	-0,0208 (0,0179)	-0,0302 (0,0184)
Energ	-0,0317* (0,0191)	-0,1653*** (0,0431)	-0,1970*** (0,0412)
Aguar	-0,0154** (0,0067)	-0,0474*** (0,0175)	-0,0628* (0,0170)
Co2	0,000028 (0,000057)	0,00037 (0,00026)	0,000398 (0,00028)
Rpc	0,0045 (0,0019)	-0,01258* (0,0064)	-0,00808 (0,0070)
Rpc2	-0,0000022 (0,0000001)	0,0000057 (0,0000004)	0,0000035 (0,000004)
Estabsau	0,4528** (0,1849)	1,5449** (0,6070)	1,9977*** (0,6757)
Analf	0,0094 (0,0289)	0,0954* (0,0515)	0,1048** (0,0496)
δ		0,525*** (0,016)	

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Com os resultados, observa-se que a variável de proporção de apartamentos por município é significativa no efeito indireto do modelo espacial SDM, influenciando que municípios com maior percentual de apartamentos impactam para reduzir o número de internações, e por consequência de casos, de doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado em seus vizinhos geográficos.

O fato de uma maior concentração de apartamentos no município não necessariamente afeta diretamente na incidência de doenças, apesar de denotar certas vantagens em relação aos demais tipos de residência. Na maior parte das cidades, a construção de apartamentos é feita por empresas, que devem seguir uma série de normas e diretrizes da construção civil, como a mais recente Norma Brasileira (NBR) 15.575 que aborda a qualidade dos materiais e da construção, fazendo com que o nível de qualidade seja elevado e garantindo conforto e durabilidade para os moradores (BERTINI et al., 2013). No contexto das DRSAI, essas normas também regem no saneamento, o que atua em prédios de apartamento com adequado saneamento ajudando a reduzir o risco de contrair essas doenças.

Possuindo efeito direto significativo, um maior percentual da variável de parcela de domicílios do tipo oca ou maloca, maior é o impacto sobre a morbidade de DRSAI. Esses tipos de residência são geralmente construídos com materiais como troncos, cipós, palhas, folhas, fibras e argila, tornando-as inadequada para proteção e prevenção de doenças. Além de não possuir sistema de saneamento e outras estruturas de moradia básica, também não são construídas por profissionais qualificados e não são sujeitas a normas e regulações (Oliveira, 2003).

Com a relação à variável de parede de alvenaria sem revestimento é significativa nos efeitos direto, indireto e total. Como é uma construção de qualidade inferior, a tendência é de uma influência maior num aumento do número de casos de doenças, como foi indicado por Corder et al. (2020). Constata-se que efeito total e o efeito indireto são positivos, porém o efeito direto não. Como as DRSAI não são comumente influenciadas por material da parede como é o caso de doenças respiratórias, não é possível concluir sobre a significância da variável.

Quanto à variável de densidade do domicílio maior que duas pessoas por dormitório, sua significância negativa no efeito direto e efeito total ocorre pelo fato de superior concentração está frequentemente conectado a maior urbanização, o que

leva a possuir possíveis benefícios. Além das variáveis já consideradas como melhor estrutura de saneamento, melhor acesso a serviços de saúde, maior renda per capita, melhor coleta de lixo, melhor distribuição de energia e mais educação, centros urbanos possuem melhor infraestrutura em outros aspectos como vias públicas e sistema de drenagem. Outra questão está na prática de cuidados pessoais e de higiene e no maior cuidado do ambiente havendo mais pessoas na residência, tendo em vista que uma maior divisão de tarefas possibilita cuidar de forma mais organizada e eficiente, garantindo adequado manuseio e armazenamento de água e reduzindo o risco de doenças transmitidas pela água (Cairncross et al., 2010).

Relacionada à infraestrutura municipal, o percentual de domicílios com energia e conectados à rede geral de distribuição possui significância e é negativa nos efeitos direto, indireto e total. Por ser uma variável correlacionada com duas outras variáveis explicativas: renda e acesso a saneamento, tornou-se necessária sua inclusão. Assim como as outras duas, ela atua na redução da disseminação das DRSAI. Por exemplo, a falta de energia ocasiona no sistema de saneamento o seu não funcionamento apropriadamente, além de limitar a alimentação por dificultar a armazenagem e preservação de mantimentos devido a deterioração e perda de alimentos por falta de refrigeração.

Também significativa, a variável da parcela de domicílios com água encanada pela rede geral de distribuição possui sinal negativo e significativo aos níveis direto, indireto e total. O saneamento inadequado é considerado como importante fator de risco às DRSAI, com isso, o resultado obtido corrobora com pesquisas anteriores que municípios com maior parcela de domicílios abastecidos por água encanada e com adequada cobertura de saneamento, possuem menos casos de doenças (Uhr et al., 2016; Paiva e Souza, 2018; Busato et al. 2014; Siqueira et al., 2016; Scriptor. 2016).

A nível indireto, a variável de renda per capita foi significativa e negativa, indicando que o efeito *feedback* está ocorrendo quanto à renda. Portanto, maiores graus de renda afetam negativamente o número de internações por DRSAI a nível global. O fator renda também é amplamente considerado influente determinante de doenças, além de estar correlacionado com diversas outras fontes de risco à contração ou prevenção de doenças (Barreto et al., 2010; Braga et al., 2007; Busato et al., 2014; Corder et al., 2020; Dedman et. Al., 2001; Paiva e Souza, 2018; Siqueira et al., 2016; Scriptor. 2016; Uhr et al., 2016).

Dissonando de Scriptori (2016), encontrou-se que a variável de estabelecimentos de saúde a cada mil habitantes é positiva e significativa. Apenas a presença de estabelecimentos de saúde não determina diretamente a incidência de doenças. Algumas questões como o acesso a serviços de saúde de qualidade podem ser desiguais, assim como as instituições estarem concentradas em centros urbanos podem ser fatores que estejam influenciando essa correlação direta. Em cidades, o contato mais próximo entre os indivíduos facilita a propagação de doenças, além de receberem um fluxo maior de indivíduos doentes que podem disseminar enfermidades justamente pela caracterização da infraestrutura de saúde ser centralizada em grandes municípios.

A última variável significativa no modelo foi sobre a taxa de analfabetismo de pessoas com 18 anos ou mais, tanto no efeito indireto quanto no efeito total, sendo positiva. Tratando-se de uma estatística indesejada, denota um nível de educação reduzido nos municípios, e como era esperado, é fonte de uma relação direta com a variável dependente da morbidade hospitalar de DRSAI. Como relatado no modelo teórico de Grossman (1972), a educação tem efeito determinante nos níveis de saúde do indivíduo, tendo em vista que influencia no conhecimento sobre saúde e no comportamento dos indivíduos por uma vida com mais saúde. Além de ser previsto no modelo teórico, também é um resultado esperado na literatura empírica, como em Scriptori (2016).

O termo δ , que representa o efeito das interações endógenas, também foi significativo, relatando que, de fato, no modelo apresentado existe o efeito *feedback* na estimação por SDM. Assim, mostra-se relevante a análise econométrica espacial frente a outras metodologias de estimação. As demais variáveis consideradas não foram significativas. Notadamente a variável sobre parcela de domicílios com coleta de lixo sendo uma delas, que, sendo significativa e relevante na análise de Uhr et al. (2016), esperava-se um valor negativo e um possível determinante.

A fim de verificar a robustez das estimativas dos resultados apresentados, compara-se o modelo SDM e suas estimações com os demais modelos espaciais SEM, SDEM, SAR, SAC e SLX. Essa apuração é discutida e feita para observar a variação dos coeficientes de interesse nas diferentes metodologias consideradas. A checagem da robustez e sua análise completa está apresentada no apêndice.

Na checagem da robustez, foi observado que as estimações para DRSAI foram muito similares entre os modelos espaciais, com exceção do modelo SAR, que pouco se mostrou com valores próximos, mesmo sinal ou significância. De maneira geral, nos efeitos diretos, indiretos e totais analisados houve similaridades suficientes para considerar que o modelo escolhido SDM possui validade entre os modelos espaciais.

5.4 RESULTADO SOBRE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS

Utilizando da mesma equação 31 do modelo SDM para as DRSAI, agora substituindo a variável dependente da morbidade hospitalar de DRSAI pela variável dependente da morbidade hospitalar de doenças do aparelho respiratório, estimou-se os resultados representados na Tabela 11.

Tabela 11 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de doenças respiratórias pelo SDM

	Efeito Direto	Efeito Indireto	Efeito Total
Casa	-0,0369 (0,0886)	-0,094 (0,3327)	-0,1309 (0,3617)
Apt	0,1782* (0,0984)	0,4061 (0,3480)	0,5843 (0,3786)
Cort	0,453* (0,2539)	-0,0275 (1,0065)	0,4255 (1,1039)
Oca	0,0785 (0,1476)	-0,027 (0,4752)	0,0515 (0,5072)
Pared	0,0667*** (0,0174)	0,0105 (0,0375)	0,0772** (0,0356)
Densd	0,0249 (0,0213)	0,1766*** (0,0381)	0,2015*** (0,0351)
Lixo	-0,0057 (0,0065)	-0,0761*** (0,0211)	-0,0818*** (0,0228)
Energ	0,0244 (0,0220)	-0,2254*** (0,0474)	-0,201*** (0,0443)
Aguar	-0,0229*** (0,0080)	0,0257 (0,0216)	0,0028 (0,0213)
Co2	0,000056 (0,000066)	0,00067** (0,0003)	0,000726** (0,0003)
Rpc	0,0061*** (0,0022)	0,0092 (0,0076)	0,0153* (0,0082)
Rpc2	-0,0000037*** (0,0000011)	-0,000006 (0,0000043)	-0,0000097** (0,000005)
Estabsau	0,6524*** (0,2220)	1,5469*** (0,7006)	2,1993*** (0,7809)
Analf	0,0107 (0,0336)	-0,0426 (0,0596)	-0,0319 (0,0562)
δ		0,531*** (0,016)	

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Nota-se que uma maior parcela de domicílios do tipo apartamento nos municípios está ligada a uma maior morbidade hospitalar de doenças respiratórias devido a significância da variável no efeito direto, significando que essa influência está contida no município. Como indicado por Krieger e Higgins (2002), doenças respiratórias são mais suscetíveis em apartamentos e em residências com mais moradores, além daquelas com materiais de construção inadequados. Especialmente em moradias superlotadas, os efeitos de doenças respiratórias podem ser expressivos, principalmente por serem altamente contagiosas e um contato maior e mais próximo entre indivíduos acentua a transmissão. O mesmo caso é feito para o tipo de residência cortiço, que, em geral, possui pior qualidade de construção, acentuando ainda mais o problema com o tipo de material do edifício.

Sendo assim, a significância das variáveis do tipo de residência cortiço, além de parede de alvenaria sem revestimento e densidade do domicílio, foram esperadas, assim como o sinal positivo apresentado. Enquanto o tipo de residência cortiço foi significativa apenas no efeito direto, significando que a influência para uma maior parcela dessas moradias eleva a morbidade de doenças respiratórias é limitada no município, a parede de alvenaria sem revestimento é significativa no efeito direto e no efeito total. Para o caso da densidade do domicílio superior a dois moradores por dormitório, a significância no efeito indireto e total implica a existência de *spillover*.

A superlotação de residências, como evidenciado pela WHO (2018), leva a maiores níveis de transmissão de doenças respiratórias, dado que facilita o contato entre indivíduos. Assim como a organização aponta, Krieger e Higgins (2002) denotam que há uma forte correlação entre densidade da moradia e taxa de infecção respiratória. Consonando com os resultados encontrados, estudos anteriores constataram que aumento nos casos de doenças como tuberculose e pneumonia foram relacionadas com maior número de pessoas por cômodos na residência (Krieger e Higgins, 2002; WHO, 2018; Blake, Kellerson e Simic, 2007).

Sobre a variável de parcela de domicílios com coleta de lixo direta, a significância negativa encontrada nos efeitos indireto e total mostra a influência espacial. A falta do serviço de coleta de lixo pode gerar à população a contaminação de alérgenos como mofo, capazes de desencadear alergias respiratórias e asma, criando ambiente propício que fomenta outras doenças respiratórias mais graves. Além disso, como alternativa à coleta, a queima de lixo leva a uma piora na qualidade

do ar e produção de poluentes atmosféricos nocivos, podendo provocar doenças respiratórias ou contribuir para o agravamento delas. A presença de poluição e concentração de material particulado foi associado com maior número de atendimentos por doenças respiratórias como indicam Braga et al. (2007), Carmo et al. (2010) e Nardocci et al. (2013). Sendo assim, por isso também se observa que a variável de emissão de CO₂ é significativa no efeito indireto e total, similar à variável descrita anteriormente, tendo seu valor positivo condizente com a literatura apresentada. A presença do efeito espacial corresponde com a disseminação rápida dos poluentes pelo ar para além da região de foco, contaminando a atmosfera numa região geográfica maior, afetando os vizinhos.

Dada a significância negativa no efeito direto, constatou-se que um incremento da parcela de domicílios com água encanada pela rede corresponde a um menor número de morbidade hospitalar de doenças respiratórias. A princípio pode ser um resultado conflitante, porém há possibilidade que esteja ocorrendo por dois motivos: o abastecimento adequado reduz a poluição do ar dentro de casa, visto que reduz a necessidade de ferver ou tratar a água manualmente; enquanto outro fator é a prevenção de mofo e alérgenos.

Além disso, os controles sobre a renda per capita (*Rpc* e *Rpc2*) foram significativos e indicaram a presença de uma relação na forma de “U” invertido, apontando que a morbidade por doenças respiratórias é inicialmente crescente num menor nível de renda e posteriormente chega num ponto de inflexão em que maior renda leva a menores números das enfermidades. Esse é um resultado esperado e para ambas as variáveis há significância do efeito direto e do efeito total.

Assim como no caso de DRSAL, a variável de estabelecimentos de saúde a cada mil habitantes é positiva e significativa. Além disso, o termo δ , que representa o efeito das interações endógenas, também foi significativo, indicando que a estimativa SDM do modelo apresentado tem, de fato, um efeito de feedback. Além disso, a análise econométrica espacial é relevante em comparação com outros métodos de estimativa ao ser evidenciado a significância do efeito espacial.

Na checagem da robustez, apresentada de forma detalhada no apêndice, as estimações entre os modelos espaciais para as doenças respiratórias foram parecidas, possuindo divergências notáveis apenas com o modelo SLX, com algumas

pontuadas diferenças nos demais quatro. Sendo assim, os efeitos diretos, indiretos e gerais analisados tiveram similaridade suficiente para supor que o modelo SDM selecionado possui consistências nas estimações.

5.5 RESULTADOS SOBRE ARBOVIROSES E DENGUE

Observando a base de dados, notou-se que o peso da morbidade hospitalar por arboviroses e em especial dengue foi considerável sobre as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI), o que motivou analisá-las separadamente do grande grupo que as contém. Além disso, dentre as arboviroses, a dengue foi examinada individualmente, em vista da sua relevância no sistema de saúde e sua prevalência. Com isso, as Tabelas 12 e 13 relatam os resultados obtidos na estimação SDM.

Tabela 12 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de arboviroses pelo SDM

	Efeito Direto	Efeito Indireto	Efeito Total
Casa	0,0112 (0,0203)	0,0268 (0,0657)	0,0380 (0,0723)
Apt	0,0001 (0,0224)	-0,0017 (0,0715)	-0,0016 (0,0778)
Cort	0,0126 (0,0580)	0,7332*** (0,2094)	0,7458*** (0,2314)
Oca	0,0308 (0,0320)	0,1547 (0,0955)	0,1855* (0,1001)
Pared	0,0084** (0,0041)	0,0140* (0,0077)	0,0224* (0,0074)
Densd	0,0085* (0,0049)	0,0024 (0,0082)	0,0109* (0,0067)
Lixo	-0,0008 (0,0014)	-0,0082* (0,0045)	-0,0090* (0,0047)
Energ	-0,0086* (0,0051)	-0,0248** (0,0105)	-0,0334* (0,0098)
Aguar	0,0005 (0,0019)	-0,0159*** (0,0043)	-0,0154*** (0,0043)
Co2	0,0000045 (0,000015)	0,000025 (0,000064)	0,0000295 (0,000071)
Rpc	0,0016*** (0,00054)	-0,00004 (0,0016)	0,00156 (0,0017)
Rpc2	-0,0000008*** (0,00000028)	-0,0000004 (0,00000087)	-0,0000012 (0,00000099)
Estabsau	-0,0037 (0,0463)	0,0036 (0,1434)	-0,0001 (0,1588)
Analf	-0,0073 (0,0074)	0,0292** (0,0132)	0,0219* (0,0123)
δ		0,476*** (0,017)	

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 13 - Efeitos diretos, indiretos e totais do modelo de dengue pelo SDM

	Efeito Direto	Efeito Indireto	Efeito Total
Casa	0,0157 (0,0193)	0,0452 (0,0611)	0,0609 (0,0655)
Apt	0,0041 (0,0223)	0,0144 (0,0656)	0,0185 (0,0716)
Cort	0,0227 (0,0513)	0,7819*** (0,1881)	0,8046*** (0,2032)
Oca	0,0437 (0,0296)	0,1192 (0,0889)	0,1629* (0,0926)
Pared	-0,0065 (0,0039)	0,0159** (0,0072)	0,0094 (0,0066)
Densd	0,0096** (0,0044)	0,0048 (0,0069)	0,0144** (0,0064)
Lixo	-0,0009 (0,0015)	-0,0069* (0,0042)	-0,0078* (0,0044)
Energ	-0,0091* (0,0048)	-0,0198** (0,0095)	-0,0289* (0,0089)
Aguar	0,0010 (0,0017)	-0,0124*** (0,0037)	-0,0114*** (0,0039)
Co2	0,0000045 (0,000015)	0,000027 (0,000056)	0,0000315 (0,000061)
Rpc	0,0012** (0,0005)	-0,0003 (0,0014)	0,0009 (0,0016)
Rpc2	-0,00000064** (0,00000027)	-0,00000015 (0,00000082)	-0,00000079 (0,00000092)
Estabsau	-0,000086 (0,0457)	0,0040 (0,1395)	0,003914 (0,1576)
Analf	-0,0066 (0,0075)	0,0284** (0,0121)	0,0218* (0,0113)
δ		0,461*** (0,017)	

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

É possível observar pelos resultados a analogia entre as estimações. A dengue, assim como as demais arboviroses, transmitem similarmente via mosquito vetor das doenças.

A variável do tipo de residência cortiço foi positiva e significativa, indo ao encontro dos resultados obtidos anteriormente com as outras enfermidades. A relação de uma habitação inadequada com mosquito vetor examinada por Amaral et al. (2019) foi encontrada também no tipo de residência oca ou maloca, indicando ser possível que nessas residências ocorrem maior proliferação de locais propícios de reprodução de mosquitos.

Da mesma forma que o tipo de residência, o material da parede também evidencia a qualidade da construção. A parede de alvenaria sem revestimento é de qualidade inferior, o que acaba por aumentar na incidência das arboviroses, como detectado na significância da análise. Além disso, observou-se que a densidade do domicílio, também um fator de qualidade da habitação, é positivamente correlacionada com a morbidade das arboviroses.

Sobre a prestação de serviços básicos à residência, as três variáveis analisadas possuem significância em ao menos um dos efeitos. Acerca da variável de coleta de lixo, obteve-se um valor negativo que denota a presença do serviço é determinante para um menor número de internações dessas enfermidades. A coleta de lixo adequada é capaz de reduzir a exposição a criadouros de mosquitos, pois evita que dejetos acumulem água parada. Em relação ao fornecimento de energia pela rede, foi significativo e negativo, mostrando que em residências com pessoas em vulnerabilidade, existe maior risco de contração de arboviroses. Quanto ao acesso a água encanada pela rede, seu aumento influi em menor número de internações pois, visto o valor negativo do resultado, reduz o risco de surgir criadouros para mosquito, juntamente com melhor estrutura de esgoto (De Assis Cabral e De Freitas, 2012).

Além disso, o controle da renda per capita (Rpc e Rpc2) são significantes, sugerindo a existência de uma relação em forma de “U” invertido, sugerindo que a morbidade devido a arboviroses e dengue aumentam primeiro em níveis de baixa renda antes de atingir um ponto de inflexão em que a alta renda leva à redução da doença. Este é o resultado esperado, e ambas as variáveis têm implicações de efeito direto e total.

Conforme descrito no modelo teórico de Grossman (1972), a educação tem um impacto significativo no estado de saúde de um indivíduo porque influencia o conhecimento do indivíduo sobre a saúde e o comportamento para uma vida mais saudável. Com isso, os resultados encontrados condizem com a literatura dada a significância positiva da taxa de analfabetismo de pessoas com 18 anos ou mais.

Quanto à checagem da robustez, a comparação entre os modelos espaciais nas estimações por arboviroses e dengue mostrou grande similaridade entre os modelos SDM e os modelos SDEM e SLX, possuindo algumas diferenças com os modelos SEM, SAR e SAC. Mesmo com as diferenças, elas não foram significativas para considerar que as estimações do modelo escolhido não são robustas. A checagem da robustez e sua análise completa está apresentada no apêndice.

6 CONCLUSÃO

A análise constituída nesta dissertação identificou características chave da habitação nos municípios brasileiros que se relacionam com doenças possivelmente relacionadas com situações precárias de moradia e analisar sua dimensão espacial. Em particular sobre doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI), doenças do aparelho respiratório e arboviroses.

A princípio, a análise exploratória dos dados espaciais indicou que as taxas de morbidade das doenças analisadas não são distribuídas aleatoriamente entre os municípios, portanto, constatou-se que possuem correlações espaciais globais entre os municípios a partir dos resultados das estatísticas *I* de Moran e *c* de Geary. Além disso, foram observados agrupamentos espaciais em que municípios com maiores taxas de DRSAI estão rodeados por outros municípios também com altas taxas, o que também ocorre com as doenças respiratórias e arboviroses.

Com relação aos resultados econométricos obtidos, têm-se que quando o tipo de residência é apartamento, existem associações positivas sobre doenças respiratórias, na magnitude de 0,1782 interações por mil habitantes dado um aumento de 1% na parcela de apartamentos no município no efeito direto. Também foi encontrado relação negativa sobre DRSAI no efeito indireto de -0,5923, o que é compreensível dada a diferença na natureza dessas enfermidades. Além disso, o tipo de habitação em casa de cômodos, cortiço ou cabeça de porco é correlacionado positivamente com doenças respiratórias e arboviroses, incluindo dengue, sendo 0,7332 e 0,7819 respectivamente no efeito indireto, evidenciando um efeito transbordamento que afeta a população no entorno de forma prejudicial se a parcela desse tipo de moradia for aumentada. Também sendo uma influência adversa, o tipo de domicílio oca ou maloca ao considerar as DRSAI e arboviroses, incluindo dengue possuem sinal positivo.

Sobre a qualidade da construção de residências, o tipo de material das paredes externas sendo de alvenaria sem revestimento, de maneira geral, possui efeitos positivos sobre todas as enfermidades analisadas. Como é uma construção de qualidade inferior, a tendência é de uma influência maior num aumento do número de casos de doenças. O efeito dessa variável sobre doenças respiratórias é significativo

em termos das particularidades de transmissão e de vulnerabilização que essas enfermidades possuem sobre as pessoas, o que de fato foi evidenciado no efeito direto, sendo que um aumento marginal de 1% da parcela de domicílios com o tipo de parede ocasiona em mais 0,0667 internações por mil habitantes.

Já para municípios com mais domicílios com densidade maior que dois moradores por cômodo, as internações por doenças respiratórias e das arboviroses, incluindo dengue, são maiores considerando as características de transmissão dessas enfermidades que são potencializadas por maior contato entre indivíduos. Porém esse efeito não ocorre para DRSAI, que está mais relacionada a uma transmissão por contato com a água.

Quando os municípios oferecem coleta de lixo adequada aos domicílios, as taxas de morbidades das doenças respiratórias e arboviroses, incluindo dengue. Já quando há energia elétrica, é observado que uma maior parcela de residências com distribuição está ligada a menores taxas de todas as enfermidades analisadas, a mesma tendência encontrada quando há abastecimento de água pela rede geral.

Em relação às emissões de CO₂, foi constatado que acréscimos do lançamento desse gás tóxico ocasionam em maiores internações por doenças respiratórias no sistema de saúde. Assim, evidencia a relevância da interseção entre políticas ambientais e de saúde para a melhora do bem-estar, uma vez que ambas possuem impactos diretos na qualidade de vida das pessoas e na sustentabilidade.

De maneira geral, a renda per capita influencia na redução dessas enfermidades. Para o caso das DRSAI, essa queda é observada para todos os níveis de renda, porém, para as doenças respiratórias e arboviroses, incluindo dengue, há relação em forma de “U” invertido, sugerindo que inicialmente aumentam primeiro em níveis de baixa renda antes de atingir um ponto de inflexão em que a alta renda leva à uma redução.

Sobre estabelecimentos de saúde, encontrou-se uma relação positiva, ou seja, quanto mais estabelecimentos de saúde a cada mil habitantes, maior serão as taxas de morbidade de DRSAI e doenças respiratórias. Apenas a presença de estabelecimentos de saúde não determina diretamente a incidência de doenças.

Enquanto para doenças respiratórias o nível de educação não apontou influenciar em suas internações, para as DRSAI e arboviroses, incluindo dengue foi constatado significância. Quando no município há aumento no número de analfabetos maiores de 18 anos, um aumento nas taxas de morbidade hospitalar dessas doenças aumenta.

Em todas as estimações encontrou-se significância no termo espacial, apontando para um uso válido na análise, que igualmente necessita de fundamentação teórica. A utilização da análise espacial pode ser complementar a políticas de saúde, dada as variações geográficas que existem desde no país como um todo até nas regiões intermunicipais. Neste caso, o efeito transbordamento identificado incorre em impactos em um município sendo afligido por todos os demais em algum grau.

Portanto, em geral, os resultados deste estudo destacam a relevância das políticas públicas voltadas para a melhoria das condições habitacionais no contexto da promoção da saúde individual e coletiva. Essa relação intrincada entre habitação e saúde é uma evidência clara de que a qualidade do ambiente residencial desempenha um papel vital na determinação do bem-estar geral das pessoas. Sendo assim, a implementação de políticas de habitação que visam a melhoria das condições habitacionais pode ter um impacto significativo na prevenção de uma série de doenças e agravos à saúde. A promoção de espaços residenciais bem ventilados, livres de umidade e poluição, com acesso adequado à água potável e esgotamento, com apropriada estrutura de coleta de lixo, construídas com materiais de qualidade e dentro das normas deve ser realizado pelas instituições públicas. Vale notar que investir em melhorias nas condições habitacionais não apenas beneficia a saúde individual, mas também pode resultar em impactos econômicos significativos, uma vez que redução da carga de doenças relacionadas à habitação inadequada pode levar a uma diminuição nos custos associados aos cuidados de saúde pública, proporcionando uma economia para os sistemas de saúde e os governos em geral. Esses recursos economizados podem ser redirecionados para outras áreas prioritárias, como educação, infraestrutura, segurança e meio ambiente.

A principal lacuna deste trabalho é o uso de modelos *cross-section* dada a limitação da base de dados a somente o ano de 2010, sendo a falta de variáveis sobre habitação o principal entrave, visto que a existência de tais informações estão

presentes apenas no censo demográfico. Sendo assim, como sugestão de futuros trabalhos, utilizar de novos dados provenientes de coleta de dados futuras. Além disso, outra extensão possível de pesquisa é analisar a associação de cada doença com as características da moradia, em contrapartida a grupos de enfermidades.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eduardo. Econometria espacial. **Campinas–SP. Alínea**, 2012.
- AMARAL, Pedro et al. Geospatial modeling of microcephaly and zika virus spread patterns in Brazil. **PloS one**, v. 14, n. 9, p. e0222668, 2019.
- ANSELIN, Luc. Local indicators of spatial association—LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93-115, 1995.
- ANSELIN, Luc. Spatial externalities, spatial multipliers, and spatial econometrics. **International regional science review**, v. 26, n. 2, p. 153-166, 2003.
- ANSELIN, Luc. **Spatial econometrics: methods and models**. Springer Science & Business Media, 2013.
- BARRETO, Mauricio L. et al. Impact of a citywide sanitation program in Northeast Brazil on intestinal parasites infection in young children. **Environmental health perspectives**, v. 118, n. 11, p. 1637-1642, 2010.
- BARUFI, Ana Maria Bonomi. **Dimensões regionais da mortalidade infantil no Brasil**. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BAUMONT, Catherine. **Spatial effects in housing price models: do housing prices capitalize urban development policies in the agglomeration of Dijon (1999)?**. 2004. Tese de Doutorado. Laboratoire d'économie et de gestion (LEG).
- BERTINI, Alexandre Araújo; MARTINS, José Carlos; THOMAZ, Ercio. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. 2013.
- BLAKE, Kevin S.; KELLERSON, Rebecca L.; SIMIC, Aleksandra. Measuring overcrowding in housing. 2007.
- BONNEFOY, Xavier. Inadequate housing and health: an overview. **International journal of environment and pollution**, v. 30, n. 3-4, p. 411-429, 2007.
- BRAGA, Alfésio Luís Ferreira et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S570-S578, 2007.
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, p. 18, 1988.
- BRISCOE, John. Abastecimiento de agua y servicios de saneamiento: su función en la revolución de la supervivencia infantil. **Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana (OSP)**; 103 (4), oct. 1987, 1987.

BRISCOE, John. Evaluating water supply and other health programs: short-run vs long-run mortality effects. **Public Health**, v. 99, n. 3, p. 142-145, 1985.

BRISCOE, John. Intervention studies and the definition of dominant transmission routes. **American Journal of Epidemiology**, v. 120, n. 3, p. 449-456, 1984.

BUSATO, Maria Assunta et al. Relação de parasitoses intestinais com as condições de saneamento básico. **Ciência, cuidado e saúde**, v. 13, n. 2, p. 357-363, 2014.

CAIRNCROSS, Sandy et al. Water, sanitation and hygiene for the prevention of diarrhoea. **International journal of epidemiology**, v. 39, n. suppl_1, p. i193-i205, 2010.

CARMO, Cleber Nascimento do et al. Associação entre material particulado de queimadas e doenças respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 27, p. 10-16, 2010.

CORDER, S. RYANNE et al. Relationship between housing components and development of eosinophilic esophagitis. **Digestive diseases and sciences**, v. 65, n. 12, p. 3624-3630, 2020.

CORNWELL, Erin York. Household disorder, network ties, and social support in later life. **Journal of Marriage and Family**, v. 78, n. 4, p. 871-889, 2016.

DE ASSIS CABRAL, Joilson; DE FREITAS, Maria Viviana. Distribuição espacial e determinantes socioeconômicos e demográficos da dengue nos municípios brasileiros. **Revista brasileira de estudos regionais e urbanos**, v. 6, n. 1, p. 81-95, 2012.

DEDMAN, D. J. et al. Childhood housing conditions and later mortality in the Boyd Orr cohort. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 55, n. 1, p. 10-15, 2001.

ELHORST, J. Paul. Applied spatial econometrics: raising the bar. **Spatial economic analysis**, v. 5, n. 1, p. 9-28, 2010.

ELHORST, J. Paul. **Spatial econometrics from cross-sectional data to spatial panels**. Springer, 2014.

FOLLAND, Sherman; GOODMAN, Allen Charles; STANO, Miron. **The Economics of Health and Health Care: Pearson New International Edition**. Routledge, 2016.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. 2010.

GETIS, Arthur; ALDSTADT, Jared. Constructing the spatial weights matrix using a local statistic. **Geographical analysis**, v. 36, n. 2, p. 90-104, 2004.

GIBBONS, Stephen; OVERMAN, Henry G. Mostly pointless spatial econometrics? **Journal of regional Science**, v. 52, n. 2, p. 172-191, 2012.

GROSSMAN, Michael. The Demand for Health: A Theoretical and Empirical Investigation. National Bureau of Economic Research, Inc, 1972.

HELLER, Léo. Saneamento e saúde. In: **Saneamento e saúde**. 1997. p. 97-97.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico: 2010**, 2011. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>>. Acesso em 27 abr 2021.

KUZNETS, Simon. Economic Growth and Income Inequality. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955.

KRIEGER, James; HIGGINS, Donna L. Housing and health: time again for public health action. **American journal of public health**, v. 92, n. 5, p. 758-768, 2002.

LESAGE, James; PACE, Robert Kelley. **Introduction to spatial econometrics**. Chapman and Hall/CRC, 2009.

NARDOCCI, Adelaide Cassia et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 29, p. 1867-1876, 2013.

MCELVENNY, Damien M. et al. Mesothelioma mortality in Great Britain from 1968 to 2001. **Occupational Medicine**, v. 55, n. 2, p. 79-87, 2005.

OLIVEIRA, Teresinha Silva de. Olhares que fazem a "diferença": o índio em livros didáticos e outros artefatos culturais. **Revista Brasileira de Educação**, p. 25-34, 2003.

PAIVA, Roberta Fernanda da Paz de Souza; SOUZA, Marcela Fernanda da Paz de. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, 2018.

PASTERNAK, Suzana. Habitação e saúde. **Estudos Avançados**, v. 30, p. 51-66, 2016.

SANTANA, Vilma Sousa et al. Acidentes de trabalho: custos previdenciários e dias de trabalho perdidos. **Revista de saúde pública**, v. 40, p. 1004-1012, 2006.

SCRIPTORE, Juliana Souza. Impactos do saneamento sobre saúde e educação: uma análise espacial. **São Paulo: USP**, 2016

SEEG - Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa, Observatório do Clima, 2020. Disponível em <<https://plataforma.seeg.eco.br/city/statistics>>. Acesso em 27 abr 2021.

SHAW, Mary. Housing and public health. **Annu. Rev. Public Health**, v. 25, p. 397-418, 2004.

SHUVAL, Hillel I. et al. Effect of investments in water supply and sanitation on health status: a threshold-saturation theory. **Bulletin of the World Health Organization**, v. 59, n. 2, p. 243, 1981.

Sistema de Informações Hospitalares do SUS. Ministério da Saúde/SVS. **SIH/SUS**. [S.l.:s.n.], 2021. DATASUS, TABNET. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/menu_tabnet_php.htm#>. Acesso em 27 abr 2021.

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

STAKHOVYCH, Stanislav; BIJMOLT, Tammo HA. Specification of spatial models: A simulation study on weights matrices. **Papers in Regional Science**, v. 88, n. 2, p. 389-408, 2009.

UHR, Júlia Gallego Ziero; SCHMECHEL, Mariana; UHR, Daniel de Abreu Pereira. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **Revista de Administração, Contabilidade e Economia da Fundace**, v. 7, n. 2, 2016.

UNITED NATIONS. GENERAL ASSEMBLY. **Universal declaration of human rights**. Department of State, United States of America, 1949.

VEGA, Solmaria Halleck; ELHORST, J. Paul. On spatial econometric models, spillover effects, and W. In: **53rd ERSA Congress, Palermo, Italy**. 2013.

WAGSTAFF, Adam. The demand for health: some new empirical evidence. **Journal of Health economics**, v. 5, n. 3, p. 195-233, 1986.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. WHO housing and health guidelines. 2018.

APÊNDICE A – Correlação espacial das variáveis independentes

Tabela 14 - Estatística I de Moran das variáveis independentes

Variável	I	E(I)	sd	p-valor
Casa	0,344	-0,001	0,001	0,000
Apt	0,342	-0,001	0,001	0,000
Cort	0,161	-0,001	0,001	0,000
Oca	0,297	-0,001	0,001	0,000
Pared	0,633	-0,001	0,001	0,000
Densd	0,861	-0,001	0,001	0,000
Lixo	0,552	-0,001	0,001	0,000
Energ	0,690	-0,001	0,001	0,000
Aguar	0,543	-0,001	0,001	0,000
CO2	0,194	-0,001	0,001	0,000
Rpc	0,704	-0,001	0,001	0,000
Rpc2	0,527	-0,001	0,001	0,000
Estabsau	0,311	-0,001	0,001	0,000
Analf	0,877	-0,001	0,001	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 15 - Estatística c de Geary das variáveis independentes

Variável	c	E(c)	sd	p-valor
Casa	0,732	1,000	0,001	0,000
Apt	0,756	1,000	0,001	0,000
Cort	0,790	1,000	0,001	0,000
Oca	0,666	1,000	0,004	0,000
Pared	0,347	1,000	0,001	0,000
Densd	0,130	1,000	0,001	0,000
Lixo	0,438	1,000	0,001	0,000
Energ	0,305	1,000	0,001	0,000
Aguar	0,449	1,000	0,001	0,000
CO2	0,649	1,000	0,011	0,000
Rpc	0,327	1,000	0,001	0,000
Rpc2	0,513	1,000	0,001	0,000
Estabsau	0,733	1,000	0,001	0,000
Analf	0,125	1,000	0,001	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE B – Testes LM

Tabela 16 - Testes LM para o modelo DRSAI com a matriz Queen

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	1410	1	0,000	1315	1	0,000
LM-lag	1574,9	1	0,000	1396,7	1	0,000
RLM-erro	59,675	1	0,000	32,102	1	0,001
RLM-lag	224,65	1	0,000	113,86	1	0,000
SARMA	1634,6	2	0,000	1428,8	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 17 - Testes LM para o modelo DRSAI com a matriz de distância inversa

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	7005,1	1	0,000	4883,5	1	0,000
LM-lag	5759,7	1	0,000	3997,3	1	0,000
RLM-erro	1532,5	1	0,000	1089,4	1	0,000
RLM-lag	287,08	1	0,000	203,21	1	0,000
SARMA	7292,2	2	0,000	5086,7	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 18 - Testes LM para o modelo DRSAI com a matriz de dois vizinhos mais próximos

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	799,05	1	0,000	773,55	1	0,000
LM-lag	60,702	1	0,000	816,21	1	0,000
RLM-erro	879,99	1	0,000	13,971	1	0,001
RLM-lag	141,64	1	0,000	56,629	1	0,000
SARMA	940,69	2	0,000	830,18	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 19 - Testes LM para doenças respiratórias com a matriz Queen

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	1353,2	1	0,000	1237,7	1	0,000
LM-lag	1447,3	1	0,000	1292,9	1	0,000
RLM-erro	8,1993	1	0,004	25,18	1	0,001
RLM-lag	102,28	1	0,000	80,451	1	0,000
SARMA	1455,5	2	0,000	1318,1	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 20 - Testes LM para o modelo doenças respiratórias com a matriz de distância inversa

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	6794,4	1	0,000	5039,8	1	0,000
LM-lag	5512,5	1	0,000	4384,8	1	0,000
RLM-erro	1461,7	1	0,000	906,49	1	0,000
RLM-lag	179,81	1	0,000	251,57	1	0,000
SARMA	6974,2	2	0,000	5291,3	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 21 - Testes LM para o modelo doenças respiratórias com a matriz de dois vizinhos mais próximos

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	765,09	1	0,000	714,03	1	0,000
LM-lag	811,96	1	0,000	743,68	1	0,000
RLM-erro	10,851	1	0,001	7,818	1	0,005
RLM-lag	57,726	1	0,000	37,525	1	0,000
SARMA	822,81	2	0,000	751,55	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 22 - Testes LM para o modelo arboviroses com a matriz Queen

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	1112,5	1	0,000	956,59	1	0,000
LM-lag	1183,7	1	0,000	1035,1	1	0,000
RLM-erro	85,738	1	0,000	84,4	1	0,000
RLM-lag	156,91	1	0,000	162,87	1	0,000
SARMA	1269,4	2	0,000	1119,5	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 23 - Testes LM para o modelo arboviroses com a matriz de distância inversa

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	8309,6	1	0,000	5270,8	1	0,000
LM-lag	8695,5	1	0,000	5293,7	1	0,000
RLM-erro	58,785	1	0,000	402,84	1	0,000
RLM-lag	444,7	1	0,000	425,71	1	0,000
SARMA	8754,3	2	0,000	5696,5	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 24 - Testes LM para o modelo arboviroses com a matriz de dois vizinhos mais próximos

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	549,18	1	0,000	491,87	1	0,000
LM-lag	581,22	1	0,000	520,16	1	0,000
RLM-erro	59,541	1	0,000	19,315	1	0,001
RLM-lag	91,579	1	0,000	47,601	1	0,000
SARMA	640,76	2	0,000	539,47	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 25 - Testes LM para o modelo dengue com a matriz Queen

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	1016	1	0,000	880,06	1	0,000
LM-lag	1073,1	1	0,000	944,1	1	0,000
RLM-erro	66,346	1	0,000	68,977	1	0,000
RLM-lag	123,37	1	0,000	133,01	1	0,000
SARMA	1139,4	2	0,000	1013,1	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 26 - Testes LM para o modelo dengue com a matriz de distância inversa

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	6524,8	1	0,000	4121,2	1	0,000
LM-lag	6757,7	1	0,000	4192,7	1	0,000
RLM-erro	63,144	1	0,000	260,64	1	0,000
RLM-lag	296,04	1	0,000	332,21	1	0,000
SARMA	6820,9	2	0,000	4453,4	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

Tabela 27 - Testes LM para o modelo dengue com a matriz de dois vizinhos mais próximos

	MQO			SLX		
	χ^2	df	p-valor	χ^2	df	p-valor
LM-erro	495,96	1	0,000	447,33	1	0,000
LM-lag	523,96	1	0,000	471,97	1	0,000
RLM-erro	55,419	1	0,000	18,07	1	0,001
RLM-lag	83,422	1	0,000	42,711	1	0,000
SARMA	579,38	2	0,000	490,04	2	0,000

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE C – Checagem de robustez

A fim de verificar a robustez das estimativas dos resultados apresentados, compara-se o modelo SDM e suas estimações com os demais modelos espaciais SEM, SDEM, SAR, SAC e SLX. Essa apuração é feita para observar a variação dos coeficientes de interesse nas diferentes metodologias consideradas. Nas Tabelas 28, 29 e 30 estão demonstrados os efeitos diretos, indiretos e total sobre a primeira estimação de DRSAI, também denotando o teste de Wald, o teste de razão de verossimilhança (LR) e o Critério de Informação de Akaike (AIC).

Sobre o efeito direto para as DRSAI, para a variável Oca o sinal para todos os modelos foi positivo, mas nem todos foram significantes, sendo os casos dos modelos SEM e SAR. Para a variável Pared, novamente há congruência no sinal, sendo negativo e significativo em todos os modelos, com exceção do SAR. Já para a variável Densd, os resultados não convergiram para o mesmo sinal em todos, como visto no modelo SEM. Além disso, no modelo SAR não há significância para essa variável, o que é o inverso para Energ, que não tem significância nas demais estimações. Em contraste, há uma afluência dos resultados encontrados para a variável Aguar, que apenas não há significância no SAR. Enfim sobre Estabsau, houve concordância entre todos os modelos sobre sinal e significância.

Acerca do efeito indireto encontrado na estimação das DRSAI, Apt foi apenas significativa no modelo SLX, apesar do sinal ser o mesmo com relação às demais estimações, com exceção do modelo SAR. Quando à variável Pared, novamente apenas no modelo SAR não houve convergência em significância ou sinal, sendo que ocorreu para os outros modelos espaciais. Para a variável Energ, para todos resultados houve sinal negativo, obtendo significância em todos salvo o SAC. Já para Aguar, assim como tem sido o tema dessa análise, houve apenas uma dissonância de sinal e significância no modelo SAR, que também foi o caso da variável Rpc. Sobre as variáveis Estabsau e Analf, apenas em um modelo há discordância com as demais estimações no efeito direto: no modelo SAC.

No que diz respeito ao efeito total houve maior oscilação nos resultados para Pared, em que há concordância com o modelo SDM no sinal e significância com o modelo SLX. Já para a variável Densd, apenas nos modelos SEM e SAR que não houve conformidade no sinal e significância. Similarmente, sobre Energ, com exceção

dos modelos SEM e SAC, os resultados foram próximos ao modelo escolhido. Pode-se observar que Aguar houve consonância com as demais estimações, exceto SAC, enquanto Estabsau e Analf encontrou-se significância e sinal igual em todos modelos espaciais.

Em geral, nos três efeitos analisados houve similaridades suficientes para considerar que o modelo escolhido SDM possui validade entre os modelos espaciais. A tendência encontrada nessa comparação entre eles para as DRSAI foi de valores díspares no modelo SEM e de não significância para a maioria das variáveis no modelo SAR. Com isso, juntamente com os valores das estatísticas Wald e LR, indicam que o modelo espacial é preferível, enquanto a estatística AIC reforça a escolha do modelo espacial SDM.

Tabela 28 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre DRSAI

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	0,097 (0,076)	0,1144 (0,0781)	0,0599 (0,0764)	0,1167 (0,0738)	0,1591** (0,0694)	0,1231 (0,0851)
Apt	0,071 (0,084)	0,0267 (0,0865)	0,0111 (0,0842)	0,0197 (0,0830)	0,1166 (0,0774)	0,0175 (0,0945)
Cort	0,075 (0,216)	0,0836 (0,2259)	0,1873 (0,2253)	0,0487 (0,2189)	-0,0149 (0,2046)	0,0962 (0,2419)
Oca	0,124 (0,123)	0,2687** (0,1241)	0,0745 (0,1163)	0,2909** (0,1217)	0,2760** (0,1199)	0,302** (0,1394)
Pared	-0,035** (0,015)	-0,0472*** (0,0151)	-0,0055 (0,0114)	-0,057*** (0,0157)	-0,0625*** (0,0159)	-0,0553*** (0,0182)
Densd	0,008 (0,015)	-0,0459*** (0,0174)	-0,0002 (0,0107)	-0,0512*** (0,0186)	-0,0305* (0,0172)	-0,0596*** (0,0213)
Lixo	-0,006 (0,006)	-0,0100* (0,0058)	-0,0094 (0,0060)	-0,0094 (0,0057)	-0,0045 (0,0055)	-0,0095 (0,0065)
Energ	0,009 (0,019)	0,0237 (0,0192)	-0,0243* (0,0147)	-0,0317* (0,0191)	0,0328 (0,0201)	0,0347 (0,0231)
Aguar	-0,018*** (0,007)	-0,0147** (0,0068)	-0,0079 (0,0057)	-0,0154** (0,0067)	-0,0183*** (0,0069)	-0,0184** (0,0080)
Co2	-0,00004 (0,000006)	0,000019 (0,000058)	-0,0000088 (0,000057)	0,000028 (0,000057)	-0,000036 (0,000054)	0,000028 (0,000063)
Rpc	0,004** (0,002)	0,0040** (0,0020)	0,0027 (0,0019)	0,0045 (0,0019)	0,0058*** (0,0017)	0,0036 (0,0022)
Rpc2	-0,000003** (0,000001)	-0,0000021** (0,000001)	-0,0000019* (0,00000099)	-0,0000022 (0,0000001)	- (0,000001)	-0,0000018* (0,0000011)
Estabsau	0,453*** (0,175)	0,4815*** (0,1834)	0,5125*** (0,1822)	0,4528** (0,1849)	0,3102* (0,1648)	0,5197*** (0,1971)
Analf	0,124*** (0,023)	0,0193 (0,0274)	0,0800*** (0,0184)	0,0094 (0,0289)	0,0471* (0,0252)	0,0144 (0,0332)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 29 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre DRSAI

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa		-0,1500 (0,1917)	0,0656 (0,0847)	-0,3272 (0,2668)	-0,0753** (0,0329)	-0,3544** (0,1613)
Apt		-0,2716 (0,2074)	0,0122 (0,0931)	-0,5923** (0,2833)	-0,0552 (0,0366)	-0,586*** (0,1737)
Cort		0,7185 (0,5899)	0,2052 (0,2485)	1,0237 (0,8734)	0,0071 (0,0969)	1,3346*** (0,4987)
Oca		-0,3055 (0,2806)	0,0816 (0,1283)	-0,4707 (0,4030)	-0,1307** (0,0569)	-0,508** (0,2419)
Pared		0,0879*** (0,0263)	-0,006 (0,0126)	0,1081*** (0,0326)	0,0296*** (0,0075)	0,1066*** (0,0234)
Densd		-0,0130 (0,0271)	-0,0003 (0,0118)	-0,0407 (0,0335)	0,0145* (0,0082)	-0,0387 (0,0259)
Lixo		-0,0108 (0,0135)	-0,0103 (0,0066)	-0,0208 (0,0179)	0,0021 (0,0026)	-0,027** (0,0112)
Energ		-0,1250*** (0,0340)	-0,0267* (0,0163)	-0,1653*** (0,0431)	-0,0155 (0,0095)	-0,168*** (0,0309)
Aguar		-0,0326** (0,0138)	0,0086 (0,0063)	-0,0474*** (0,0175)	-0,0087** (0,0033)	-0,0386*** (0,0119)
Co2		0,00017 (0,00017)	-0,0000096 (0,000063)	0,00037 (0,00026)	0,000017 (0,000025)	0,00028* (0,000152)
Rpc		-0,0087* (0,0046)	0,0030 (0,0021)	-0,01258* (0,0064)	-0,0027*** (0,0008)	-0,0112*** (0,0039)
Rpc2		0,0000036 (0,0000025)	-0,000002* (0,0000011)	0,0000057 (0,0000004)	0,0000013*** (0,0000004)	0,0000052** (0,0000021)
Estabsau		1,0112** (0,4296)	0,5612*** (0,2019)	1,5449** (0,6070)	-0,1469* (0,0779)	1,1838*** (0,3578)
Analf		0,0977** (0,0436)	0,8764*** (0,0205)	0,0954* (0,0515)	-0,0223* (0,0119)	0,1026** (0,0414)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 30 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre DRSAI

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	0,097 (0,076)	-0,0356 (0,2241)	0,1255 (0,1610)	-0,2105 (0,2865)	0,0838** (0,0367)	-0,2313 (0,1607)
Apt	0,071 (0,084)	-0,2449 (0,2428)	0,0233 (0,1772)	-0,5726 (0,3073)	0,0614 (0,0408)	-0,5685*** (0,1722)
Cort	0,075 (0,216)	0,8021 (0,6936)	0,3925 (0,4734)	1,0724 (0,9605)	-0,0078 (0,1078)	1,4308*** (0,5105)
Oca	0,124 (0,123)	-0,0368 (0,3212)	0,1561 (0,2444)	-0,1798 (0,4202)	0,1453** (0,0633)	-0,206 (0,2252)
Pared	-0,035** (0,015)	0,0407 (0,0266)	-0,0115 (0,0239)	0,0511** (0,3003)	-0,0329*** (0,0085)	0,0513*** (0,0160)
Densd	0,008 (0,015)	-0,0589** (0,0249)	-0,0005 (0,0225)	-0,0919*** (0,0297)	-0,0160* (0,0090)	-0,0983*** (0,0155)
Lixo	-0,006 (0,006)	-0,0208 (0,0153)	-0,0197 (0,0125)	-0,0302 (0,0184)	-0,0024 (0,0029)	-0,0365*** (0,0103)
Energ	0,009 (0,019)	-0,1013*** (0,0337)	-0,0510* (0,0309)	-0,1970*** (0,0412)	0,0173 (0,0106)	-0,1333*** (0,0211)
Aguar	-0,018*** (0,007)	-0,0473* (0,0148)	0,0007 (0,0120)	-0,0628* (0,0170)	-0,0270*** (0,0036)	-0,0570*** (0,0096)
Co2	-0,00004 (0,000006)	0,000189 (0,0002)	-0,0000184 (0,00012)	0,000398 (0,00028)	-0,000019 (0,000028)	0,000308** (0,000151)
Rpc	0,004** (0,002)	-0,0047 (0,0054)	0,0057 (0,0039)	-0,00808 (0,0070)	0,0031*** (0,0009)	-0,0076** (0,0038)
Rpc2	-0,000003** (0,000001)	0,0000015 (0,000003)	-0,0000039* (0,0000021)	0,0000035 (0,000004)	- (0,0000005)	0,0000034 (0,0000022)
Estabsau	0,453*** (0,175)	1,4927*** (0,5146)	1,0737*** (0,3828)	1,9977*** (0,6757)	0,1633* (0,0872)	1,7035*** (0,3645)
Analf	0,124*** (0,023)	0,1170*** (0,0416)	0,9564*** (0,0386)	0,1048** (0,0496)	0,0248* (0,0133)	0,117*** (0,0264)
λ	0,576*** (0,015)	0,525*** (0,016)			0,882*** (0,010)	
δ			0,555*** (0,015)	0,525*** (0,016)	-0,746*** (0,031)	
Wald	1484	1085	1325	1099		
LR	1110	958	1148	997	1405	
AIC	36404	36258	36366	36218	36111	37213

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Agora com relação às estimações espaciais das doenças respiratórias, as Tabelas 31, 32 e 33 mostram os efeitos direto, indireto e total respectivamente, para comparação do modelo SDM com os demais. Analisando os efeitos diretos e comparando com as variáveis significativas no modelo escolhido, Apt foi positivo para todas as estimações e os coeficientes foram próximos, mas significativo apenas no SLX, um resultado esperável, dado que a significância foi a 10%. Sobre Cort o cenário muda, não havendo significância estatística em nenhum outro modelo e apenas no modelo SAC obtém-se similaridade no sinal. Em contrapartida, Pared possui consonância em todos os aspectos e razoável aproximação entre os coeficientes, o que quase ocorre com Aguar, que apenas não existe significância no modelo SAC. Para as outras três variáveis significativas, Rpc, Rpc2 e Estabsau, também se encontra igualdade na significância e sinal em todos os modelos espaciais, assim como aproximação nos valores dos coeficientes.

Em relação aos efeitos indiretos, a significância positiva da variável Densd propaga para todos os outros modelos espaciais, assim como Estabsau. Lixo e Energ também possuem essa concordância entre as demais estimações espaciais, salvo o sinal que é negativo para elas. Já se tratando da variável Co2, há conformidade ao modelo SDM com SDEM e SLX positivo e significativo, com disparidade de sinal no SAR.

A respeito dos efeitos totais, os coeficientes significativos no modelo SDM convergem para a similaridade entre todas as demais estimações, com exceção das variáveis Lixo e Energ no SEM, que não são significativas. Com isso, Pared, Densd, Rpc, Rpc2 e Estabsau possuem resultados análogos no sinal, na significância e valores próximos ao modelo escolhido. A notada exceção está na emissão de Co2, sendo similar apenas no SLX nesses três pontos. Apesar disso, a aproximação entre os modelos é satisfatória e o conjunto dos testes Wald, LR e o AIC consolidam a escolha do modelo SDM.

Tabela 31 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre Doenças Respiratórias

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	0,018 (0,087)	-0,0142 (0,0906)	-0,0163 (0,0896)	-0,0369 (0,0886)	-0,033 (0,0783)	-0,053 (0,0984)
Apt	0,097 (0,097)	0,1504 (0,1003)	0,1261 (0,0992)	0,1782* (0,0984)	0,1245 (0,0866)	0,1920* (0,1093)
Cort	-0,374 (0,248)	-0,3709 (0,2619)	-0,3322 (0,2475)	0,453* (0,2539)	0,0301 (0,2247)	-0,4577 (0,2798)
Oca	0,149 (0,141)	0,1022 (0,1438)	0,0596 (0,1351)	0,0785 (0,1476)	0,0301 (0,1084)	0,0461 (0,1612)
Pared	0,066*** (0,017)	0,0650*** (0,0174)	0,0443*** (0,0134)	0,0667*** (0,0174)	0,0260** (0,0107)	0,0622*** (0,0210)
Densd	0,069*** (0,017)	0,0343* (0,0201)	0,053*** (0,0128)	0,0249 (0,0213)	0,0546*** (0,0091)	0,0181 (0,0246)
Lixo	-0,005 (0,007)	-0,0073 (0,0067)	-0,0118* (0,0066)	-0,0057 (0,0065)	-0,0153*** (0,0050)	-0,005 (0,0075)
Energ	-0,013 (0,021)	0,0133 (0,0222)	-0,0453*** (0,0162)	0,0244 (0,0220)	-0,0510*** (0,0129)	0,0236 (0,0267)
Aguar	-0,019** (0,008)	-0,0215*** (0,0079)	-0,0123* (0,0072)	-0,0229*** (0,0080)	-0,0054 (0,0055)	-0,0247* (0,0092)
Co2	-0,00005 (0,00006)	0,000031 (0,000067)	-0,0000095 (0,000062)	0,000056 (0,000066)	0,000024 (0,000057)	0,000048 (0,000073)
Rpc	0,006*** (0,002)	0,0062*** (0,0023)	0,0063*** (0,0021)	0,0061*** (0,0022)	0,0060*** (0,0020)	0,0059** (0,0025)
Rpc2	-0,000004*** (0,000001)	-0,0000039*** (0,0000012)	-0,0000042*** (0,0000011)	-0,0000037*** (0,0000011)	-0,0000041*** (0,0000011)	-0,0000037*** (0,0000013)
Estabsau	0,631*** (0,201)	0,6584*** (0,2126)	0,7264*** (0,2045)	0,6524*** (0,2220)	0,6864*** (0,1910)	0,6402*** (0,2279)
Analf	-0,009 (0,026)	-0,0014 (0,0316)	-0,0017 (0,0192)	0,0107 (0,0336)	-0,0015 (0,0156)	0,0315 (0,0384)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 32 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre Doenças Respiratórias

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa		0,0993 (0,2231)	-0,0174 (0,0965)	-0,094 (0,3327)	-0,0509 (0,1212)	-0,2185 (0,1865)
Apt		0,0624 (0,2415)	0,1348 (0,1072)	0,4061 (0,3480)	0,192 (0,1339)	0,5021** (0,2008)
Cort		0,5734 (0,6863)	-0,3552 (0,2675)	-0,0275 (1,0065)	0,0465 (0,3480)	-0,1359 (0,5766)
Oca		0,1044 (0,3265)	0,0637 (0,1449)	-0,027 (0,4752)	0,0465 (0,1670)	-0,1209 (0,2798)
Pared		0,009 (0,0307)	0,0474*** (0,0145)	0,0105 (0,0375)	0,0401** (0,0164)	0,0073 (0,0271)
Densd		0,1337*** (0,0315)	0,0567*** (0,0139)	0,1766*** (0,0381)	0,0842*** (0,0142)	0,1922*** (0,0271)
Lixo		-0,0435*** (0,0158)	-0,0126* (0,0071)	-0,0761*** (0,0211)	-0,0237*** (0,0077)	-0,7779*** (0,0129)
Energ		-0,0435*** (0,0158)	-0,0484*** (0,0175)	-0,2254*** (0,0474)	-0,0787*** (0,0204)	-0,2198*** (0,0357)
Aguar		-0,0213 (0,0161)	-0,0131* (0,0077)	0,0257 (0,0216)	-0,0083 (0,0086)	-0,0203 (0,0138)
Co2		0,00024* (0,0002)	-0,000067 (0,000066)	0,00067** (0,0003)	0,000037 (0,000089)	0,00052*** (0,00018)
Rpc		0,0065 (0,0053)	0,0067*** (0,0023)	0,0092 (0,0076)	0,0093*** (0,0031)	0,0064 (0,0045)
Rpc2		-0,0000043 (0,0000029)	-0,0000044*** (0,0000012)	-0,000006 (0,0000043)	-0,0000063*** (0,0000017)	-0,0000042* (0,0000024)
Estabsau		0,9496* (0,5002)	0,7765*** (0,2231)	1,5469*** (0,7006)	1,059*** (0,3050)	1,2791*** (0,4137)
Analf		-0,0164 (0,0508)	-0,0019 (0,0208)	-0,0426 (0,0596)	-0,0022 (0,0241)	-0,0752 (0,0478)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 33 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre Doenças Respiratórias

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	0,018 (0,087)	0,0851 (0,2613)	-0,0337 (0,1860)	-0,1309 (0,3617)	-0,0839 (0,1995)	-0,2715 (0,1858)
Apt	0,097 (0,097)	0,2128 (0,2833)	0,2609 (0,2062)	0,5843 (0,3786)	0,3165 (0,2202)	0,6941*** (0,1991)
Cort	-0,374 (0,248)	0,2025 (0,8083)	-0,6874 (0,5145)	0,4255 (1,1039)	0,0766 (0,5720)	-0,5936 (0,5903)
Oca	0,149 (0,141)	0,2066 (0,3748)	0,1233 (0,2799)	0,0515 (0,5072)	0,0766 (0,2752)	-0,0748 (0,2604)
Pared	0,066*** (0,017)	0,0740** (0,0312)	0,0917*** (0,0278)	0,0772** (0,0356)	0,0661** (0,0270)	0,0695*** (0,0185)
Densd	0,069*** (0,017)	0,1680*** (0,0292)	0,1097*** (0,0265)	0,2015*** (0,0351)	0,1388*** (0,0229)	0,2103*** (0,0179)
Lixo	-0,005 (0,007)	-0,0508*** (0,0178)	-0,0244* (0,0137)	-0,0818*** (0,0228)	-0,0390*** (0,0127)	-0,7829*** (0,0119)
Energ	-0,013 (0,021)	-0,0302*** (0,0394)	-0,0937*** (0,0335)	-0,201*** (0,0443)	-0,1297*** (0,0331)	-0,1962*** (0,0244)
Aguar	-0,019** (0,008)	-0,0428 (0,0174)	-0,0254* (0,0148)	0,0028 (0,0213)	-0,0137 (0,0141)	-0,0450 (0,0111)
Co2	-0,00005 (0,00006)	0,000271 (0,00023)	-0,0000765 (0,00013)	0,000726** (0,0003)	0,000061 (0,000015)	0,000568*** (0,00017)
Rpc	0,006*** (0,002)	0,0127** (0,0062)	0,013*** (0,0043)	0,0153* (0,0082)	0,0153*** (0,0050)	0,0123*** (0,0044)
Rpc2	-0,000004*** (0,000001)	-0,000008** (0,0000034)	-0,000009*** (0,0000023)	- (0,000005)	0,0000097** (0,0000028)	-0,00001*** (0,0000025)
Estabsau	0,631*** (0,201)	1,608*** (0,6002)	1,5029*** (0,4253)	2,1993*** (0,7809)	1,7454*** (0,4933)	1,9193*** (0,4215)
Analf	-0,009 (0,026)	-0,0178 (0,0487)	-0,0036 (0,0399)	-0,0319 (0,0562)	-0,0037 (0,0397)	-0,0437 (0,0306)
λ	0,563*** (0,015)	0,533*** (0,016)			-0,406*** (0,021)	
δ			0,549*** (0,015)	0,531*** (0,016)	0,646*** (0,014)	
Wald	1364	1140	1285	1135		
LR	1066	945	1083	968	946	
AIC	37934	37886	37916	37864	38055	38829

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Analisando os resultados sobre arboviroses nos efeitos diretos, houve semelhanças nos resultados sobre Pared entre o modelo escolhido SDM e os modelos SDEM, SAC e SLX, sendo significativos e positivo. Sobre Densd, apenas há equivalência com o modelo SLX, enquanto para a variável Energ, não foi constatada significância em nenhum outro modelo espacial, enquanto Rpc e Rpc2 obteve convergência entre todas as estimações realizadas como mostra a Tabela 34.

Observando agora o efeito indireto, na Tabela 35, nas variáveis Cort, Lixo, Energ e Aguar há igualdade no sinal em todos os modelos, mas não há significância em todos eles, como é o caso do SAR e SAC. Já em Pared, apenas o modelo SAR não foi congruente com a significância e sinal. Por sua vez, Analf possui coeficientes positivos e significativos para todos os modelos com exceção do SAC.

Quanto aos efeitos totais na Tabela 36, seguindo o tema até então observado para as arboviroses, o modelo SDM tem semelhança na variável Cort nas estimações SDEM e SLX no sinal e significância, além de valores parecidos. Já sobre as variáveis Oca, Densd e Energ, também há apenas significância e mesmo sinal no modelo SLX, o que não é o caso para Pared, sendo significativo e de mesmo sinal também em um modelo, mas sendo o SAC. Sobre os coeficientes de Lixo, em SDEM e SLX que existem similaridades com o modelo escolhido, sendo negativo e significativo nos três, assim como ocorre com a variável Aguar. Por fim, Analf possui convergência nos resultados de todos os modelos, exceto SAC. Os valores combinados das estatísticas Wald e LR indicam uma preferência pelo modelo espacial, enquanto a estatística AIC suporta a escolha do modelo espacial SDM.

Tabela 34 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre Arboviroses

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	-0,003 (0,020)	0,0094 (0,0205)	-0,0035 (0,0207)	0,0112 (0,0203)	0,0058 (0,0182)	0,0152 (0,0220)
Apt	-0,004 (0,022)	-0,0007 (0,0227)	-0,0066 (0,0227)	0,0001 (0,0224)	0,0031 (0,0204)	0,0027 (0,0244)
Cort	-0,013 (0,057)	0,0108 (0,0591)	0,0471 (0,0589)	0,0126 (0,0580)	-0,0612 (0,0519)	0,0291 (0,0625)
Oca	-0,008 (0,032)	0,0297 (0,0326)	0,0040 (0,0310)	0,0308 (0,0320)	-0,0021 (0,0310)	0,0361 (0,0360)
Pared	0,004 (0,004)	0,0067* (0,0040)	0,0003 (0,0030)	0,0084** (0,0041)	0,0081* (0,0042)	0,0085* (0,0047)
Densd	0,004 (0,004)	0,0067 (0,0046)	0,0021 (0,0027)	0,0085* (0,0049)	0,0024 (0,0044)	0,0119** (0,0055)
Lixo	0,001 (0,002)	-0,0011 (0,0015)	-0,0020 (0,0014)	0,0008 (0,0014)	0,0006 (0,0014)	-0,00074 (0,0017)
Energ	0,002 (0,005)	0,0066 (0,0051)	-0,0029 (0,0039)	-0,0086* (0,0051)	0,0078 (0,0053)	-0,0096 (0,0060)
Aguar	0,001 (0,002)	0,000034 (0,0018)	-0,0018 (0,0016)	0,0005 (0,0019)	0,0011 (0,0018)	0,0010 (0,0021)
Co2	-0,000007 (0,00001)	0,0000031 (0,000015)	-0,000005 (0,00015)	0,0000045 (0,000015)	-0,0000033 (0,000014)	0,0000066 (0,000016)
Rpc	0,001*** (0,0005)	0,0015*** (0,00052)	0,00013** (0,00052)	0,0016*** (0,00054)	0,0015*** (0,0005)	0,0014** (0,00056)
Rpc2	-0,000001*** (0,0000003)	-0,000001*** (0,0000003)	-0,000001*** (0,0000003)	-0,000001*** (0,0000003)	-0,000001*** (0,0000003)	-0,000001*** (0,0000003)
Estabsau	0,019 (0,046)	0,0028 (0,0479)	0,0121 (0,0483)	-0,0037 (0,0463)	0,0095 (0,0412)	0,0039 (0,0509)
Analf	0,012** (0,006)	-0,006 (0,0073)	0,0115** (0,0047)	-0,0073 (0,0074)	0,0017 (0,0070)	-0,0051 (0,0086)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 35 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre Arboviroses

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa		0,0294 (0,0490)	-0,0031 (0,0186)	0,0268 (0,0657)	-0,0025 (0,0078)	-0,0050 (0,0417)
Apt		0,017 (0,0530)	-0,0059 (0,0203)	-0,0017 (0,0715)	-0,0013 (0,0087)	-0,0331 (0,0449)
Cort		0,4107*** (0,1513)	0,0417 (0,0527)	0,7332*** (0,2094)	0,0261 (0,0222)	0,8463*** (0,1288)
Oca		0,0818 (0,0718)	0,0035 (0,0275)	0,1547 (0,0955)	0,0009 (0,0132)	0,1343** (0,0625)
Pared		0,0121* (0,0067)	-0,0003 (0,0027)	0,0140* (0,0077)	0,0034* (0,0018)	0,0135** (0,0060)
Densd		0,0004 (0,0069)	0,0019 (0,0024)	0,0024 (0,0082)	0,0011 (0,0019)	-0,0015 (0,0067)
Lixo		-0,0071** (0,0034)	-0,0018 (0,0013)	-0,0082* (0,0045)	-0,0003 (0,0006)	-0,005* (0,0029)
Energ		-0,0197** (0,0087)	-0,0026 (0,0034)	-0,0248** (0,0105)	-0,0033 (0,0023)	-0,0263*** (0,0080)
Aguar		-0,0125*** (0,0035)	-0,0016 (0,0014)	-0,0159*** (0,0043)	-0,0005 (0,0008)	-0,0135*** (0,0031)
Co2		0,0000136 (0,000045)	0,0000044 (0,000013)	0,000025 (0,000064)	0,0000014 (0,0000062)	0,0000088 (0,000039)
Rpc		-0,0004 (0,0012)	0,0011** (0,00047)	-0,00004 (0,0016)	-0,0006*** (0,0002)	0,0006 (0,0010)
Rpc2		-0,00000003 (0,00000063)	-0,0000007*** (0,00000025)	-0,0000004 (0,00000087)	0,0000003*** (0,00000011)	-0,0000006 (0,00000055)
Estabsau		0,0298 (0,1097)	0,0107 (0,0428)	0,0036 (0,1434)	-0,0041 (0,0175)	-0,0682 (0,0924)
Analf		0,0251** (0,0112)	0,0102** (0,0043)	0,0292** (0,0132)	-0,0007 (0,0030)	0,0300*** (0,0107)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 36 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre Arboviroses

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	-0,003 (0,020)	0,0388 (0,0567)	-0,0066 (0,0393)	0,0380 (0,0723)	0,0033 (0,0104)	0,0102 (0,0415)
Apt	-0,004 (0,022)	0,0163 (0,0614)	-0,0125 (0,0430)	-0,0016 (0,0778)	0,0018 (0,0117)	-0,0304 (0,0445)
Cort	-0,013 (0,057)	0,4215** (0,1762)	0,0888 (0,1115)	0,7458*** (0,2314)	-0,0351 (0,0298)	0,8754*** (0,1319)
Oca	-0,008 (0,032)	0,1115 (0,0810)	0,0075 (0,0585)	0,1855* (0,1001)	-0,0012 (0,0177)	0,1704*** (0,0582)
Pared	0,004 (0,004)	0,0188 (0,0066)	0,0000 (0,0057)	0,0224* (0,0074)	0,0115* (0,0024)	0,0220 (0,0041)
Densd	0,004 (0,004)	0,0071 (0,0062)	0,0040 (0,0051)	0,0109* (0,0067)	0,0035 (0,0025)	0,0070*** (0,0040)
Lixo	0,001 (0,002)	-0,0082** (0,0038)	-0,0038 (0,0027)	-0,0090* (0,0047)	0,0003 (0,0008)	-0,00574** (0,0026)
Energ	0,002 (0,005)	-0,0131 (0,0083)	-0,0055 (0,0073)	-0,0334* (0,0098)	0,0045 (0,0031)	-0,0359*** (0,0054)
Aguar	0,001 (0,002)	-0,012466*** (0,0037)	-0,0034 (0,0030)	-0,0154*** (0,0043)	0,0006 (0,0011)	-0,0125*** (0,0025)
Co2	-0,000007 (0,00001)	0,0000167 (0,00005)	-0,0000006 (0,000028)	0,0000295 (0,000071)	-0,0000019 (0,0000083)	0,0000154 (0,000039)
Rpc	0,001*** (0,0005)	0,0011 (0,0014)	0,00123** (0,00098)	0,00156 (0,0017)	0,0009*** (0,0003)	0,0020** (0,00098)
Rpc2	-0,000001*** (0,0000003)	-0,0000008 (0,00000075)	-0,000001*** (0,00000052)	-0,0000012 (0,00000099)	-0,000001*** (0,00000014)	-0,0000014** (0,00000056)
Estabsau	0,019 (0,046)	0,0326 (0,1300)	0,0228 (0,0910)	-0,0001 (0,1588)	0,0054 (0,0237)	-0,0643 (0,0942)
Analf	0,012** (0,006)	0,0191* (0,0103)	0,0217** (0,0089)	0,0219* (0,0123)	0,001 (0,0040)	0,0249*** (0,0068)
λ	0,508*** (0,016)	0,479*** (0,017)			0,816*** (0,014)	
δ			0,497*** (0,016)	0,476*** (0,017)	-0,639*** (0,036)	
Wald	982	818	921	814		
LR	848	730	855	759	1013	
AIC	21486	21428	21480	21399	21324	22156

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Enfim aos modelos espaciais sobre Dengue, na Tabela 37, é possível observar nos efeitos diretos que a variável Densd possui semelhantes resultados na significância, sinal e valor dos coeficientes entre o modelo de escolha SDM e os modelos SDEM e SLX. Já para a variável Energ, apenas há equivalência nesses quesitos com o modelo SLX. Para as variáveis Rpc e Rpc2, há convergência nos resultados de todos os modelos em significância, sinal e valores próximos, indicando a consistência do resultado de “U” invertido.

Sobre os efeitos indiretos na Tabela 38, a variável Cort tem significância e sinal positivo ao modelo SDM no SDEM e SLX, bem como para a variável Pared. Os coeficientes de Lixo também foram significativos nesses três modelos, mas possuem sinal negativo, assim como observado para as variáveis Energ e Aguar. Exceto para o modelo SAC, os coeficientes da variável Analf consonaram em todos os modelos espaciais.

Enquanto para os efeitos totais, houve significância para as variáveis Cort, Oca, Densd, Lixo, Energ, Aguar e Analf. A significância e sinal positivo encontrado no modelo de referência SDM das variáveis Cort e Densd foram os mesmos para os modelos SDEM e SLX, enquanto sobre Oca apenas o SLX obteve resultado parecido. Lixo e Aguar também possuem o mesmo sinal negativo e significância nos modelos SDEM e SLX, o que não é o caso da variável Energ, que converge apenas com o modelo SLX. Assim como foi o caso do efeito indireto, os coeficientes da variável Analf consonaram em todos os modelos espaciais, exceto no modelo SAC, como observado na Tabela 39.

Tabela 37 - Efeitos diretos dos modelos econométricos espaciais sobre Dengue

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	0,001 (0,019)	0,0141 (0,0196)	0,0016 (0,0195)	0,0157 (0,0193)	0,0086 (0,0179)	0,0196 (0,0210)
Apt	-0,002 (0,021)	0,0032 (0,0217)	-0,0033 (0,0213)	0,0041 (0,0223)	0,0054 (0,0193)	0,0069 (0,0233)
Cort	-0,006 (0,055)	0,0224 (0,0566)	0,0541 (0,0565)	0,0227 (0,0513)	-0,0545 (0,0527)	0,0401 (0,0598)
Oca	0,008 (0,031)	0,0422 (0,0313)	0,015 (0,0301)	0,0437 (0,0296)	0,0175 (0,0284)	0,0492 (0,0344)
Pared	0,001 (0,004)	0,0049 (0,0038)	0,0019 (0,0029)	0,0065 (0,0039)	0,0059 (0,0039)	0,0065 (0,0045)
Densd	0,001 (0,004)	0,0082* (0,0045)	-0,0008 (0,0026)	0,0096** (0,0044)	0,0047 (0,0042)	0,0127** (0,0052)
Lixo	0,001 (0,001)	-0,0012 (0,0015)	0,0021 (0,0013)	-0,0009 (0,0015)	0,0008 (0,0014)	-0,0009 (0,0016)
Energ	0,003 (0,005)	0,0076 (0,0049)	-0,0009 (0,0035)	-0,0091* (0,0048)	0,0084 (0,0049)	-0,0099* (0,0057)
Aguar	0,001 (0,002)	0,0007 (0,0017)	-0,0009 (0,0014)	0,0010 (0,0017)	0,0015 (0,0017)	0,0014 (0,0019)
Co2	-0,000006 (0,00001)	0,0000035 (0,000014)	-0,000004 (0,000014)	0,0000045 (0,000015)	-0,0000034 (0,000014)	0,000006 (0,000015)
Rpc	0,001** (0,0005)	0,0011** (0,0005)	0,0009** (0,0005)	0,0012** (0,0005)	0,0012** (0,0005)	0,0011** (0,0005)
Rpc2	-0,000001** (0,0000002)	-0,0000006** (0,00000026)	-0,0000006** (0,00000046)	- 0,00000064** (0,00000027)	-0,0000006** (0,00000025)	-0,0000006** (0,00000027)
Estabsau	0,021 (0,044)	0,0052 (0,0459)	0,0133 (0,0417)	-0,000086 (0,0457)	0,0134 (0,0431)	0,0070 (0,0487)
Analf	0,013** (0,005)	-0,0051 (0,0071)	0,0117** (0,0047)	-0,0066 (0,0075)	0,0034 (0,0069)	-0,0054 (0,0082)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10

Tabela 38 - Efeitos indiretos dos modelos econométricos espaciais sobre Dengue

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa		0,0438 (0,0466)	0,0013 (0,0163)	0,0452 (0,0611)	-0,0036 (0,0075)	0,0093 (0,0398)
Apt		0,0282 (0,0504)	-0,0027 (0,0178)	0,0144 (0,0656)	-0,0023 (0,0081)	-0,0207 (0,0429)
Cort		0,4689*** (0,1440)	0,0451 (0,0474)	0,7819*** (0,1881)	0,0228 (0,0221)	0,8598*** (0,1232)
Oca		0,0746 (0,0683)	0,0125 (0,0251)	0,1192 (0,0889)	-0,0073 (0,0118)	0,0938 (0,0598)
Pared		0,0138** (0,0064)	0,0016 (0,0024)	0,0159** (0,0072)	0,0025 (0,0016)	0,0159*** (0,0058)
Densd		0,0025 (0,0066)	-0,0007 (0,0022)	0,0048 (0,0069)	0,002 (0,0017)	0,0041 (0,0064)
Lixo		-0,0061* (0,0033)	0,0017 (0,0011)	-0,0069* (0,0042)	-0,0003 (0,0006)	-0,0043 (0,0028)
Energ		-0,0162** (0,0083)	-0,0008 (0,0029)	-0,0198** (0,0095)	-0,0035 (0,0021)	-0,0207*** (0,0076)
Aguar		-0,0099*** (0,0033)	-0,0007 (0,0012)	-0,0124*** (0,0037)	-0,0006 (0,0007)	-0,0103*** (0,0029)
Co2		0,0000167 (0,000043)	-0,000003 (0,000012)	0,000027 (0,000056)	0,0000014 (0,0000057)	0,000011 (0,000038)
Rpc		-0,00063 (0,0011)	0,0008** (0,0004)	-0,0003 (0,0014)	-0,0005** (0,0002)	0,0003 (0,0009)
Rpc2		0,00000011 (0,0000006)	-0,0000005** (0,00000021)	-0,00000015 (0,00000082)	0,00000025** (0,00000011)	-0,00000042 (0,00000052)
Estabsau		0,0266 (0,1043)	0,011 (0,0347)	0,0040 (0,1395)	-0,0056 (0,0179)	-0,0644 (0,0884)
Analf		0,0243** (0,0107)	0,0098** (0,0040)	0,0284** (0,0121)	-0,0014 (0,0029)	0,0304*** (0,0102)

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** $p < 0,01$; ** $p < 0,05$; * $p < 0,10$

Tabela 39 - Efeitos totais dos modelos econométricos espaciais sobre Dengue

	SEM	SDEM	SAR	SDM	SAC	SLX
Casa	0,001 (0,019)	0,0579 (0,0538)	0,0029 (0,0358)	0,0609 (0,0655)	0,005 (0,0104)	0,0289 (0,0397)
Apt	-0,002 (0,021)	0,0314 (0,0581)	-0,006 (0,0391)	0,0185 (0,0716)	0,0031 (0,0112)	-0,0138 (0,0425)
Cort	-0,006 (0,055)	0,4913*** (0,1672)	0,0992 (0,1038)	0,8046*** (0,2032)	-0,0317 (0,0307)	0,8999*** (0,1261)
Oca	0,008 (0,031)	0,1168 (0,0767)	0,0275 (0,0552)	0,1629* (0,0926)	0,0102 (0,0165)	0,1430** (0,0556)
Pared	0,001 (0,004)	0,0220 (0,0062)	0,0035 (0,0054)	0,0224 (0,0066)	0,0084 (0,0023)	0,0224** (0,0039)
Densd	0,001 (0,004)	0,0107* (0,0058)	-0,0015 (0,0048)	0,0144** (0,0064)	0,0067 (0,0024)	0,0168*** (0,0038)
Lixo	0,001 (0,001)	-0,0073** (0,0036)	0,0038 (0,0024)	-0,0078* (0,0044)	0,0005 (0,0008)	-0,0052** (0,0025)
Energ	0,003 (0,005)	-0,0086 (0,0079)	-0,0017 (0,0064)	-0,0289* (0,0089)	0,0049 (0,0029)	-0,0306** (0,0052)
Aguar	0,001 (0,002)	-0,0092*** (0,0035)	-0,0016 (0,0026)	-0,0114*** (0,0039)	0,0009 (0,0011)	-0,0089*** (0,0024)
Co2	-0,000006 (0,00001)	0,0000202 (0,000048)	-0,000007 (0,000027)	0,0000315 (0,000061)	-0,000002 (0,0000079)	0,000017 (0,000037)
Rpc	0,001** (0,0005)	0,00047 (0,0013)	0,0017** (0,0009)	0,0009 (0,0016)	0,0007** (0,0003)	0,0014 (0,0009)
Rpc2	-0,0000006** (0,0000002)	-0,0000005 (0,00000071)	-0,0000011** (0,00000044)	-0,00000079 (0,00000092)	-0,0000004** (0,00000014)	-0,00000103* (0,00000053)
Estabsau	0,021 (0,044)	0,0318 (0,1232)	0,0243 (0,0764)	0,003914 (0,1576)	0,0078 (0,0251)	-0,0574 (0,0901)
Analf	0,013** (0,005)	0,0192** (0,0097)	0,0215** (0,0086)	0,0218* (0,0113)	0,002 (0,0041)	0,0250*** (0,0065)
λ	0,490*** (0,017)	0,463*** (0,017)			0,801*** (0,016)	
δ			0,481*** (0,017)	0,461*** (0,017)	-0,620*** (0,038)	
Wald	879	742	832	740		
LR	776	673	780	698	920	
AIC	21035	20984	21030	20960	20893	21655

Fonte: Resultados da pesquisa. Erro padrão entre parênteses. *** p < 0,01; ** p < 0,05; * p < 0,10