UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA FÍSICA

Sara Lopes de Moraes

**INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS
EM SÃO PAULO E SUAS RELAÇÕES COM AS CONDIÇÕES
CLIMÁTICAS E O CONTEXTO SOCIOECONÔMICO**

Versão corrigida

São Paulo

2018

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Departamento de Geografia
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

Sara Lopes de Moraes

INTERAÇÕES DE CRIANÇAS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS EM SÃO PAULO E SUAS RELAÇÕES COM AS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E O CONTEXTO SOCIOECONÔMICO

Versão corrigida

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Física da Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani

____/____/____

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ligia Vizeu
Barrozo

Área de concentração: Geografia Física

Linhas de pesquisa: Estudos Teóricos e
aplicados e climatologia

Agências financiadoras: CAPES e
FAPESP (nº do processo: 2016/06963-3)

São Paulo
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

827i

Moraes, Sara Lopes de
INTERNAÇÕES DE CRIANÇAS POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS
EM SÃO PAULO E SUAS RELAÇÕES COM AS CONDIÇÕES
CLIMÁTICAS E O CONTEXTO SOCIOECONÔMICO / Sara Lopes
de Moraes ; orientador Emerson Galvani. - São Paulo,
2018.
132 f.

Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia,
Letras e Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo. Departamento de Geografia. Área de
concentração: Geografia Física.

1. doenças respiratórias. 2. climatologia. 3.
geografia da saúde. I. Galvani, Emerson, orient. II.
Título.

LOMBADA

Sara Lopes de Moraes	Internações de crianças por doenças respiratórias em São Paulo e suas relações com as condições climáticas e o contexto socioeconômico.		MESTRADO FFLCH/USP 2018
----------------------	---	--	-----------------------------------

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

Sara Lopes de Moraes

*Internações de crianças por doenças respiratórias em São Paulo e suas
relações com as condições climáticas e o contexto socioeconômico*

Dissertação de mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Física da Faculdade de Filosofia, Letras e
Ciências Humanas da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre.

Versão corrigida

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Emerson Galvani (Presidente / Orientador)
Instituição: FFLCH - Universidade de São Paulo (USP)

Assinatura: _____

Prof^a. Dr^a. Marina de Jorge Miranda
Instituição: Ministério da Saúde

Assinatura: _____

Prof. Dr. Francisco Chiaravalloti Neto
Instituição: FSP - Universidade de São Paulo (USP)

Assinatura: _____

Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo
Instituição: FFLCH - Universidade de São Paulo (USP)

Assinatura: _____

São Paulo
2018

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, aos meus pais Sandra Maria F. Lopes de Moraes e Arnold M. Lopes de Moraes, aos meus irmãos Jéssica Lopes de Moraes e Arnold Lopes de Moraes, à minha avó Liberata Franchini e tia Cristina Franchini que sempre me apoiaram e contribuíram nas minhas escolhas de vida.

Ao meu querido e brilhante professor e orientador Emerson Galvani, pela dedicação, pela grande contribuição prestada, pela confiança, e por ter me acompanhado por todo meu percurso acadêmico, desde a graduação e agora no mestrado.

À minha coorientadora Ligia Vizeu Barrozo, pela contribuição e pelos conhecimentos passados de Geografia da Saúde e análise espacial.

À CAPES e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa de mestrado (processo número: 2016/06963-3) e de estágio de pesquisa no exterior (processo número: 2016/22312-2) que possibilitaram a realização desta pesquisa.

Aos amigos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia - LCB Denise Dias, Rogério Rozolen Alves e João Paulo Assis Gobo.

À professora Paula Santana por compartilhar seus conhecimentos e também pela contribuição para esta pesquisa durante o estágio de pesquisa na Universidade de Coimbra.

À toda malta do gabinete do Grupo de Investigação em Geografia da Saúde da Universidade de Coimbra, Cláudia Costa, Adriana Loureiro, Julia Doetsch, Ângela Freitas, Joaquim Patriarca, Iwa Stefanik e especialmente ao Ricardo Almendra, obrigada pela paciência; às minhas amigas de estágio Lieke Delil e Anna Rena.

Às minhas amigas e amigos geógrafos Adriana Cirelli, Vicky Dalla, Marina Manganotte, Lais Uehbe, Isis Ramos e Luiz Ruiz, por sempre estarem por perto e compartilharem as angústias e alegrias desse mundo.

À Maria Carolina Villaça Gomes, pela paciência e por sempre me ajudar nos meus momentos de incertezas acadêmicas e de vida.

Ao time de Vôlei Feminino da FFLCH, especialmente à Viviane Madeira, Natasha Nagata, Ingrid Puche, Mariana Kfourir, Fernanda Almeida, Julia Wolf, Paula Pagliari e Ariane Lazarini, Aline Terumi, Felipe Mochiute Cruz pela amizade dentro e fora das quadras.

Às minhas amigas de longa data, Laís Romanzotti e Natália Piccolo.

Agradeço aos membros da banca de defesa desta dissertação, Marina de Jorge Miranda, os professores Tairk Rezende de Azevedo e Francisco Chiaravalloti Neto.

À todas as pessoas que em algum momento fizeram parte do meu caminho.

“Vivemos num sistema de mentiras organizadas, entrelaçadas umas nas outras. E o milagre é que, apesar de tudo, consigamos construir as nossas pequenas verdades, com as quais vivemos, e das quais vivemos”

José Saramago
“José Saramago – Nas Suas Palavras”

MORAES, S.L. (2018) Internações de crianças por doenças respiratórias em São Paulo e suas relações com as condições climáticas e o contexto socioeconômico. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo: 134p.

RESUMO

As transformações no clima urbano das cidades, bem como a excessiva poluição atmosférica e o aumento da segregação e das desigualdades sociais tornaram-se fatores determinantes das altas taxas de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias. Desta forma, o objetivo principal desta pesquisa foi compreender como os atributos climáticos, a poluição do ar e as condições socioeconômicas estão relacionadas às internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças com até 9 anos de idade em 14 distritos da cidade de São Paulo. Esta pesquisa foi dividida em duas etapas de trabalho, sendo a primeira a relação entre as variáveis meteorológicas, índices de conforto térmico e a poluição do ar (MP₁₀) com as internações hospitalares no período de 2003 a 2013 a partir dos modelos estatísticos de distribuição binomial negativa e do modelo Distributed Lag Non-linear Model. A segunda etapa consistiu em analisar o padrão espacial entre a Razão Padronizada dos Internamentos Suavizada - RPIS e a privação sócio material da população na área de estudo ao longo do período de 2006 a 2013, com a utilização da autocorrelação espacial e dos modelos dos Mínimos Quadrados Ordinários e da Regressão Geograficamente Ponderada. Os resultados mostraram relações significativas de alto risco relativo entre a temperatura média do ar (17,5°C a 21°C, para o total analisado), umidade relativa do ar (84% a 98% para o sexo feminino), precipitação (0 mm a 2,3 mm para o total e ambos os sexos e >120mm para o sexo feminino) e do Material Particulado (MP₁₀) (>35 µg/m³ para o total e para o sexo feminino). Espacialmente foi possível identificar os setores com maior e menor privação sócio material, bem como da RPIS. Os resultados da dependência espacial da relação entre a privação e a RPIS também foram significativos e permitiram identificar os setores mais e menos vulneráveis às doenças respiratórias. Além disso, encontramos que as crianças do sexo feminino apresentaram alto risco (RR = 2,30) quando relacionados à maior privação. Esta pesquisa, portanto, permitiu concluir que determinados intervalos (valores específicos) dos atributos climáticos e a privação sócio material podem contribuir para o aumento das internações por doenças respiratórias nas crianças de 0 a 9 anos de idade na área de estudo.

Palavras-Chave: doenças respiratórias; atributos climáticos; privação sócio material; regressão espacial; análise espacial.

MORAES, S.L. (2018) Hospital admissions due to respiratory diseases in children in the municipality of São Paulo and their relationship with climatic conditions and the socioeconomic context. Thesis (Master's degree in Physical Geography). Faculty of Philosophy, Languages and Social Sciences, University of São Paulo: 134p.

ABSTRACT

The urban climate change, the excessive air pollution, the large social inequalities and segregation in the cities have become a determinant factors of high morbidity and mortality rates due to respiratory diseases. Therefore, the aims of this research was to understand how the climatic attributes, air pollution and socioeconomic conditions are related with hospital admissions for respiratory diseases in children up to 9 years of age in 14 districts of São Paulo. This research were divided into two working steps; the first step was the relationship between the meteorological variables, thermal comfort indexes and air pollution (PM_{10}) with hospital admissions during 2003 to 2013, based on the statistical models of binomial distribution and Distributed Lag Model Non-linear Model. The second step was to analyze the spatial pattern between the Smoothed Standardized Admissions Ratio - RPIS and the deprivation index of the population in the study area over the period 2006-2013, considering the spatial autocorrelation and the spatial models, Ordinary Least Squares and Geographically Weighted Regression. The results showed significant relationship between the high relative risk with the mean air temperature ($17.5^{\circ}C$ at $21^{\circ}C$, for the total), relative humidity (84% to 98% for females), rainfall (0 mm to 2.3mm for the total and both sexes and > 120 mm for the females) and PM_{10} ($> 35\mu g/m^3$ for the total and for the females). It was possible to identify the highest and lowest social deprivation material spatial pattern in the study area, and it was possible to identify the spatial pattern of the RPIS. The spatial dependence results showed a significant relationship between the deprivation index and RPIS. Therefore, these results allowed us to identify the most and least vulnerable census tracts related to respiratory diseases. In addition, we found that female children presented high risk ($RR = 2.30$) when they were related to greater deprivation. This research, therefore, allowed us to conclude that certain intervals (specific values) of climatic attributes and the deprivation index may contribute to increase the hospital admissions of respiratory diseases in children from 0 to 9 years of age in the study area.

Keywords: respiratory diseases; climatic attributes; deprivation index; spatial regression; spatial analysis.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Sistema respiratório.....	11
Figura 2: Fluxograma das etapas e procedimentos da pesquisa	15
Figura 3: Mapa da localização da área de estudo	16
Figura 4: Climograma de São Paulo normal climatológica 1961 -1990	18
Figura 5: Unidades Climáticas Urbanas de São Paulo	21
Figura 6: Análise de resíduos de um modelo GLM adotado, à esquerda distribuição de Poisson e à direita envelope da distribuição Binomial Negativa.....	32
Figura 7: Fluxograma dos processos e etapas adotados na parte de análise espacial.	36
Figura 8: Exemplo do sumário e desempenho de um modelo OLS	43
Figura 9: Diagnósticos de um modelo de regressão OLS	44
Figura 10: Exemplo das etapas de interpretação dos resultados de um modelo de regressão OLS clássica.....	45
Figura 11: Variação anual das internações na área de estudo no período de 2003 a 2013.	47
Figura 12: Gráfico da variação mensal das internações na área de estudo, no período de 2003 a 2013.....	48
Figura 13: Gráfico da porcentagem de internamentos registrados por sexo na área de estudo, no período de 2003 a 2013.....	49
Figura 14: Gráfico da variação anual dos internamentos por sexo na área de estudo, no período de 2003 a 2013.....	49
Figura 15: Gráfico dos internamentos por estação do ano na área de estudo no período de 2003 a 2013.....	51
Figura 16: Variação temporal do poluente MP_{10} no período de 2003 a 2013.....	53
Figura 17: Variabilidade da precipitação, temperatura mínima, média e máxima e do ar, umidade relativa do ar e da taxa de incidência ao longo dos meses (1 a 12) para o período de 2003 a 2013	54
Figura 18: Boxplot do risco relativo referente a temperatura média do ar, umidade relativa e do poluente MP_{10} durante o período de 2003 a 2013.	57

Figura 19: <i>Boxplot</i> do risco relativo referente a temperatura mínima do ar, Tev e do poluente MP ₁₀ no ano extremo de 2004.....	58
Figura 20: Variabilidade da precipitação, temperatura mínima, média e máxima e do ar, umidade relativa do ar e da taxa de incidência ao longo dos meses (1 a 12) para o ano de 2004.....	59
Figure 21: <i>Boxplot</i> do risco relativo referente a umidade relativa do ar, TE e da precipitação no ano extremo de 2005.	61
Figure 22: Variabilidade da precipitação, temperatura mínima, média e máxima e do ar, umidade relativa do ar e da taxa de incidência ao longo dos meses (1 a 12) para o ano de 2005.....	62
Figure 23: Relação entre a temperatura média do ar nos lags 0-5, 0-15, 0-25 e 0-28 (mediana como referência de 21,1°C e 95% de intervalo de confiança), e as internações totais e por sexo no período de 2003 a 2013.....	64
Figure 24: Risco relativo acumulado e estrutura de defasagem para os efeitos da temperatura média do ar nos percentis 25 (18,7°C), 75 (23,5°C), 90 (25,2°C) e 99 (27,4°C) para o total de internamento e por sexo com intervalo de confiança de 95%.	66
Figure 25: Relação entre a umidade relativa do ar nos lags 0-2, 0-5, e 0-8 (média como referência de 73,59%, com 95% de intervalo de confiança), e as internações totais e por sexo no período de 2003 a 2013.....	68
Figura 26: Risco relativo acumulado e estrutura de defasagem para os efeitos da umidade relativa do ar nos percentis 25 (67%), 75 (81,8%), 90 (87%) e 99 (94%) para o total de internamento e por sexo com intervalo de confiança de 95%.....	70
Figura 27: Relação entre a precipitação nos lags 0-2, 0-5, e 0-8 (média como referência de 4,63mm, com 95% de intervalo de confiança), e as internações totais e por sexo no período de 2003 a 2013.....	72
Figura 28: Risco relativo acumulado e estrutura de defasagem para os efeitos da precipitação nos percentis 25 (0 mm), 75 (2,03 mm) 90 (15,9 mm) e 99 (56,4 mm) para o total de internamento e por sexo com intervalo de confiança de 95%.....	74
Figura 29: Risco acumulado dos efeitos da precipitação nos lags 0-1 (mediana como referência de 33,60 µg/m ³), para o total de internamentos e por sexo no período de 2003 a 2013.....	75
Figura 30: Razão Padronizada dos Internamentos e RPI suavizada para o total dos internamentos, sexo feminino e sexo masculino no período de 2006	78
Figura 31: Mapas das pessoas responsáveis com até um salário mínimo (%), taxa de analfabetismo (%), domicílios particulares permanentes com mais de 5 moradores (%), no período de 2006 a 2013.	80

Figura 32: Mapa do Índice de Privação Sócio Material da área de estudo no período de 2006 a 2013	81
Figura 33: Aglomerados Espaciais do índice de privação sócio espacial, da Razão Padronizada dos Internamentos suavizada para o total e por sexo durante 2006 a 2013.	83
Figura 34: Boxplot do risco relativo da alta e baixa privação sócio material para o total do internamentos e por sexo durante 2006 e 2013	84
Figura 35: Gráficos de dispersão do I de Moran Bivariado da correlação entre o índice de privação sócio material e as RPIS do total e para os sexos feminino e masculino	85
Figura 36: Agrupamentos espaciais e significância entre o índice de privação sócio material e as razões padronizadas dos internamentos total e por sexo no período de 2006 a 2013.	86
Figura 37: Diagnóstico da regressão OLS para o total dos internamentos no período de 2006 a 2013.	87
Figura 38: Mapa predito e estimado da RPIS por doenças respiratórias a partir do índice de privação sócio material, mapas do R^2 loca e dos resíduos para o total das internações durante o período de 2006 a 2013.	89
Figura 39: Diagnóstico da regressão OLS para o sexo feminino no período de 2006 a 2013.	90
Figura 40: Mapa predito e estimado da RPIS por doenças respiratórias a partir do índice de privação sócio material, mapas do R^2 loca e dos resíduos para o sexo feminino durante o período de 2006 a 2013.	92
Figura 41: Diagnóstico da regressão OLS para o sexo masculino no período de 2006 a 2013.	93
Figure 42: Diagnóstico da regressão lag espacial para o sexo masculino no período de 2006 a 2013.	94
Figura 43: Mapa predito e estimado da RPIS por doenças respiratórias a partir do índice de privação sócio material, mapas do R^2 loca e dos resíduos para o sexo masculino durante o período de 2006 a 2013.	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa da população exclusivamente usuária do SUS nos distritos de São Paulo localizados na área de estudo	17
Tabela 2: Qualidade do Ar.....	24
Tabela 3: Tabela da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID – 10, Capítulo X.....	26
Tabela 4: Medidas descritivas dos internamentos por mês na área de estudo, no de 2003 a 2013.....	48
Tabela 5: Total de internamentos por causa específica de acordo com a CID-10 no período de 2003 a 2013.	50
Tabela 6: Medidas descritivas das variáveis meteorológicas, de internamentos, conforto térmico e poluição do ar no período de 2003 a 2013.....	52
Tabela 7: Parâmetros estimados para o GLM de distribuição Binomial Negativa para o período de 2003 a 2013	55
Tabela 8: Parâmetros estimados para o GLM de distribuição Binomial Negativa para o ano padrão extremo de 2004.....	58
Tabela 9: Parâmetros estimados para o GLM de distribuição Binomial Negativa para o ano padrão extremo de 2005.....	60
Tabela 10: Risco relativo acumulado dos percentis 25 (18,7°C), 75 (23,5°C), 90 (25,2°C) e 99 (27,4°C) de temperatura média do ar, nos lags 0-5, 0-15, 0-25 e 0-28 dias para o total de internamentos e por sexo, com intervalo de confiança de 95%. 67	
Tabela 11: Risco relativo acumulado dos percentis 25 (67%), 75 (81,8%), 90 (87%) e 99 (94%) de umidade relativa do ar e dos percentis 25 (0 mm), 75 (2,03 mm) 90 (15,9 mm) e 99 (56,4 mm) de precipitação, nos lags 0-2, 0-5 e 0-8 dias para o total de internamentos e por sexo, com intervalo de confiança de 95%.....	71
Tabela 12: Risco relativo acumulado dos percentis 25 (24 µg/m³), 75 (48 µg/m³), 90 (64 µg/m³) e 99 (106 µg/m³) de MP10 nos lags 0 e 1 dia para o total de internamentos e por sexo, com intervalo de confiança de 95%.	76
Tabela 13: Alto risco relativo acumulado para os intervalos significativos para total das internações e por sexo	77
Tabela 14: Risco relativo da alta e baixa privação sócio material para o total dos internamentos e por sexo durante 2006 e 2013.	84
Tabela 15: Diagnóstico do modelo GWR para o total das internações durante o período de 2006 a 2013.....	88

Tabela 16: Diagnóstico do modelo GWR para o sexo feminino durante o período de 2006 a 2013.....	91
Tabela 17: Diagnóstico do modelo GWR para o sexo feminino durante o período de 2006 a 2013.....	95

LITAS DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AIH - Autorizações de Internação Hospitalar

ASAS - Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

BDMEP - Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa

CEP - Código de endereçamento postal

CETESB - Companhia Ambiental de São Paulo

CGC - Cadastro do contribuinte do hospital

CGE - Centro de Gerenciamento de Emergência

CI – intervalo de confiança

CID-10 - Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde

DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – SUS

DLMN - Distributed Lag Non-Models

DPOC - Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica

GLM - Modelo Linear Generalizado

GWR – Regressão Geograficamente Ponderada

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

IP - Índice de Privação

LISA - Indicadores locais de associação espacial

LM - Multiplicadores de Lagrange

MP10 - material particulado com diâmetro aerodinâmico menor de 10 μm

OLS - Ordinary Least Squares

OMM - Organização Mundial de Meteorologia

OMS - Organização Mundial da Saúde

R^2 - coeficiente de determinação

RPI - Razão Padronizada dos Internamentos

RPIS - Razão Padronizada dos Internamentos Suavizada

RPM - Razão Padronizada da Mortalidade

RR - Risco relativo

SIH/SUS - Sistema de informações Hospitalares do SUS

SUS - Sistema Único de Saúde

TE - Índice de Temperatura Efetiva

TEv - Índice de Temperatura Efetiva com vento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
3. EMBASAMENTO TEÓRICO E CONCEITUAL	4
3.1. Clima e Saúde.....	4
3.2. Conforto térmico.....	8
3.3. As doenças respiratórias.....	10
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS	15
4.1. Área de estudo.....	16
4.2. Aquisição de dados.....	22
4.2.1. Dados meteorológicos.....	22
4.2.2. Dados de poluição e qualidade do ar	23
4.2.3. Dados epidemiológicos	23
4.2.4. Dados demográficos e socioeconômicos	27
4.3. Índice de conforto térmico	27
4.4. Eventos extremos	28
4.4.1. Ano padrão	28
4.5. Análise temporal	29
4.5.1. Análise descritiva	30
4.5.2. Modelo Linear Generalizado - GLM.....	30
4.5.3. Distributed Lag Non-linear Models – DLNM	33
4.6. Análise espacial	35
4.6.1. Geocodificação dos internamentos e análise exploratória.....	37
4.6.2. Índice de privação	38
4.6.3. Razão Padronizada dos Internamentos	39
4.6.4. Autocorrelação espacial	40
4.6.5. Modelos de regressão – Mínimos Quadrados Ordinários - OLS e Regressão Geograficamente Ponderada – GWR.....	42
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5.1. Análise Descritiva.....	47
5.1.1. Análise descritiva dos atributos climáticos, conforto térmico, poluição e das interações.....	50
5.2. Análise Temporal: Modelo Linear Generalizado para o período de 2003 a 2013....	55
5.2.1. Ano padrão extremo mais frio (2004)	57
5.2.2. Ano padrão extremo mais quente (2005)	60

5.3.	Análise temporal: Distributed Lag Non-linear Models – DLNM	63
5.4.	Análise espacial	77
5.4.1.	Modelos de regressão – Mínimos Quadrados Ordinários– OLS e Regressão Geograficamente Ponderada – GWR.....	87
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	97
7.	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	98
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99

1. INTRODUÇÃO

O rápido processo de urbanização que aconteceu nas grandes cidades dos países em desenvolvimento a partir do século XX, como é o caso de São Paulo, transformou de maneira significativa as características e a dinâmica da produção do espaço e tempo urbano (CARLOS, 2007).

Esse processo de urbanização e consequentemente a modernização das cidades proporcionou para o homem diversos avanços e benefícios na sua vida cotidiana, como a diminuição da mortalidade infantil, o aumento da expectativa de vida e melhorias na infraestrutura urbana (RIBEIRO, 2006).

Apesar disso, as consequências da acelerada urbanização foram, e ainda são, um problema para a sociedade e para o ambiente. Essa nova organização e lógica do espaço urbano alterou a dinâmica natural do ambiente, bem como aumentou a segregação e as desigualdades sociais.

Nas grandes cidades, a poluição do ar, o tempo e a dinâmica climática local foram as condições ambientais que mais se modificaram. Essas alterações potencializaram, principalmente, os efeitos térmicos e pluviométricos, afetando assim, a qualidade de vida e bem-estar da população (MONTEIRO, 1976).

Esse cenário de transformações, acompanhado das desigualdades sociais e ambientais no espaço urbano, favoreceu o surgimento e também o agravamento de diversas doenças, especialmente as cardiovasculares e respiratórias (RIBEIRO, 2006; RIBEIRO; VARGAS, 2015).

Atualmente, de acordo com a Organização Mundial da Saúde - OMS (2007), as altas taxas de mortalidade e morbidade por doenças respiratórias, principalmente as doenças crônicas como asma e a Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica – DPOC, se tornaram um importante problema de saúde pública. Estima-se que mais de 300 milhões de pessoas no mundo sofrem de asma e mais de 90% das mortes causadas pela DPOC acontecem em países de baixa e média renda (OMS, 2007).

As doenças respiratórias atingem principalmente as crianças, pois são consideradas mais suscetíveis aos efeitos da mudança de tempo e da exposição à poluição atmosférica por apresentarem alta taxa metabólica e respiratória, além do fato dos mecanismos de defesa (sistema imunológico) e termorregulador estarem em

desenvolvimento (BRAGA *et al.*, 2001; BUNYAVANICH *et al.*, 2003; HANNA; TAIT, 2015).

De acordo com a literatura, a poluição do ar e as mudanças de temperatura (e seus extremos) são uma das principais razões para o aumento dos riscos de hospitalizações e das mortes causadas por doenças respiratórias no mundo (BRAGA *et al.*, 2001; MUGGEO; HAJAT, 2009; XU *et al.*, 2013; O' LENICK *et al.*, 2017a; SHERBAKOV *et al.*, 2018).

A umidade relativa do ar e a precipitação, assim como a temperatura e a poluição atmosférica podem contribuir para o aparecimento e crescimento de vírus, bactérias, mofo, fungos e alérgenos (internos e externos) que causam gripes, rinites, bronquites e a piora dos casos crônicos como asma (TISCHER; HEINRICH, 2013; LAM *et al.*, 2016; ISLAM; CHAUSSALET; KOIZUMI, 2017; THAM *et al.*, 2017a).

Apesar das pesquisas apontarem uma relação dos efeitos dos atributos climáticos e da poluição do ar com o aumento do risco da mortalidade e das internações por doenças respiratórias, poucos estudos foram delineados em climas tropicais, sendo que a grande maioria desses estudos são realizados em países de clima temperado ou subtropical (MUGGEO; HAJAT, 2009; LAM *et al.*, 2016; ISLAM; CHAUSSALET; KOIZUMI, 2017; O' LENICK *et al.*, 2017a; TANG *et al.*, 2017).

Desta forma, se faz necessário uma maior investigação de como os atributos climáticos e a poluição do ar podem influenciar na saúde da população, principalmente das pessoas população que vivem em grandes cidades como São Paulo, que apresentam discrepantes indicadores socioeconômicos e ambientais.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal desta pesquisa é compreender como os atributos climáticos, a poluição do ar e as condições socioeconômicas estão relacionadas com as internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças com até 9 anos de idade em 14 distritos da cidade de São Paulo no período de 2003 a 2013. Em termos específicos:

- Verificar possíveis relações entre os atributos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação), os índices de conforto térmico, a poluição atmosférica (material particulado – MP_{10}) e os anos extremos com as internações;
- Identificar o padrão da distribuição espacial dos casos registrados por doenças respiratórias (J00-J32 e J40-J47 segundo a classificação da CID-10);
- Verificar e analisar o padrão espacial entre as internações e as condições socioeconômicas da população estudada.

3. EMBASAMENTO TEÓRICO E CONCEITUAL

3.1. Clima e Saúde

O homem sempre buscou entender a relação entre a sociedade e a natureza, principalmente as relações que podem interferir em suas atividades e bem-estar. Com isso, os estudos sobre os efeitos do clima e do tempo se ampliaram ao longo dos anos.

A Bioclimatologia e/ou Biometeorologia, de acordo com a Organização Mundial de Meteorologia – OMM (1985), são áreas do conhecimento científico que estudam as influências do tempo e do clima em todos os seres vivos (animais, vegetais e o próprio homem).

A Bioclimatologia Humana, segundo Höppe (1997) estuda como o clima e o tempo influenciam homem, tanto em seu corpo, comportamento, emoções, humor, quanto saúde e enfermidades. A partir disso, percebe-se que a Bioclimatologia é interdisciplinar e se aproxima de áreas fundamentais para o estudo do clima e da saúde como área da Geografia Médica e da Geografia da Saúde.

A Geografia Médica ou Geografia Médica tradicional como aponta Rojas (1998) trata de uma tendência mais naturalista e focada em análises da distribuição das doenças e a Geografia da Saúde procura entender as condições de infraestrutura e recursos humanos a partir de distribuição e do planejamento.

Geografia médica ou da saúde, frequentemente é dividida em dois campos principais de pesquisa: A Nosogeografia ou Geografia Médica tradicional, responsável pela identificação e análise de padrões de distribuição espacial de doenças e a Geografia de cuidados médicos ou da saúde, se preocupa com a distribuição e o planejamento das condições das infraestruturas e dos recursos humanos do sistema de atenção médica (ROJAS, 1998, p.703)

A Geografia da Saúde, portanto, é uma área de fundamental importância, pois possibilita o aprofundamento e uma visão mais ampla, complexa e integrada da totalidade nas pesquisas sobre saúde-doença a partir da produção do espaço e da relação entre a saúde da população. Esta área do conhecimento ainda agrega e articula temas e perspectivas de diversas linhas de pesquisa tanto da Geografia Física e Humana, tais como Climatologia, Planejamento Territorial e Ambiental, Biogeografia,

Geografia Urbana e Demografia, além das áreas das ciências da saúde como, por exemplo, a Epidemiologia (BARROZO, 2011).

Os primeiros estudos científicos que abordavam a interação da natureza com a sociedade, iniciaram-se na Antiguidade. Hipócrates (460 a 370 a.C.) considerado o “pai da medicina” foi o pioneiro ao considerar que as causas das doenças eram naturais e não sobrenaturais, ou seja, acreditava-se que o aparecimento de epidemias e doenças no homem eram influenciados por fatores ambientais, tais como as mudanças de tempos e do clima e não por ordens divinas (LACAZ; BARUZZI; SIQUEIRA-JÚNIOR, 1972).

No conjunto de sua obra *Corpus* ou *Collection hippocratique* o documento “*Ares, águas e lugares*” (considerado primeiro documento escrito da Geografia Médica entre 430 a 330 a.C.) Hipócrates considera que o clima (frio, calor, seco e úmido) e as estações do ano em ambientes específicos são fatores determinantes no aparecimento das doenças. Além disso, distinguiu as doenças como sendo agudas, crônicas, epidêmicas ou endêmicas (LACAZ; BARUZZI; SIQUEIRA-JÚNIOR, 1972; SANT’ANNA NETO, 2001).

Na Idade Média, os estudos e ensinamentos de Hipócrates e a concepção da presença de um espírito vital no organismo humano de Galeno, permanecem até a época do Renascimento (entre o fim do século XIV e fim do século XVII) que contou com os progressos de Harvey (1578-1667) a partir do conhecimento da circulação no sangue.

Com a Revolução Industrial no século XVIII, surgiram novos padrões de doenças, principalmente as infecciosas e comuns ao meio urbano, estabelecendo assim, a perspectiva da topografia médica, constituída pela compreensão do lugar e da distribuição e dispersão das doenças (THOUEZ, 2005). John Snow em 1854 adotou a perspectiva geográfica do espaço para compreender a epidemia de cólera em Soho, Londres por meio do mapeamento das mortes na área, se tornando um dos pioneiros a utilizar a cartografia para explicar a distribuição espacial e a causa de uma doença (KOCH; DENIKE, 2010).

Foi somente no século XX que o primeiro geógrafo, Maximillian Sorre introduziu as bases científicas da geografia médica no artigo *Annales de Géographie* em 1933 e nos *Fondements biologiques de la géographie humaine*, em 1943. Estudou principalmente as doenças infecciosas e apresentou o conceito de “complexo patogênico”.

A dependência mútua dos organismos que intervêm na produção de uma mesma enfermidade infecciosa, permite inferir uma entidade biológica de ordem superior: o complexo patogênico. Este, além do homem e do agente causador da enfermidade, compreende seus vetores e todos os seres que condicionam ou comprometem sua existência (SORRE, 1955, p. 236).

Desta maneira, o complexo patogênico pode ser entendido como uma relação parasitária entre os seres vivos, no caso o homem sendo vítima de situações específicas do meio natural de suas modificações antrópicas e suas condições naturais (THOUEZ, 2005).

A partir da década de 1940, Sorre ainda incorporou reflexões sobre a análise do clima, destacando a influência dos atributos climáticos e seus efeitos na saúde humana, além de propor uma revisão conceitual das definições de tempo e clima vigentes (SANT'ANNA NETO, 2001).

...O conjunto das propriedades da atmosfera médias que atua sobre os organismos em cada momento da duração e tal qual propriedade considerada isoladamente. Esta combinação de propriedades, registrada por nossos sentidos é o tempo (no sentido do tempo que faz). Na linguagem cotidiana se caracteriza por um dos elementos dominantes; por exemplo, o tempo é quente, frio, seco, pesado, luminoso, etc. Em cada lugar e em cada instante se apresenta um fato singular com poucas probabilidades de reprodução de modo idêntico. Na prática, o ritmo das estações determinará periodicamente estados comparáveis; ademais, em uma mesma estação, estes estados podem se agrupar ao redor de um número limitado de tipos cuja a sucessão é regulada pelas leis do dinamismo atmosférico. Por isso cabe definir o clima de um lugar pela representação da sucessão de tempos. O estudo da marcha dos elementos através do ano e de suas combinações características dos procedimentos que se completam e permitem interpretar uma realidade complexa (SORRE, 1955, p. 20).

Desta perspectiva, Sorre correlacionou a ocorrência de determinadas doenças a tipos climáticos específicos e as redefinições de tempo e clima.

No Brasil, em meados do século XIX, a salubridade, as doenças, a saúde pública, a higiene e o clima tropical foram os principais paradigmas que fizeram parte dos primeiros estudos da Geografia Médica e da Climatologia por meio das pesquisas de Afrânio Peixoto (1938) e Lacaz, Baruzzi e Siqueira-Júnior (1972).

Peixoto era médico sanitaria e, com as suas obras *Clima e doenças no Brasil*, de 1907 e *Clima e Saúde* de 1938 mostraram uma análise das condições climáticas brasileira relacionando as enfermidades e à saúde pública, atribuindo assim, as causas das doenças tropicais e infecciosas à falta de higiene e educação da população, portanto Afrânio Peixoto definiu que algumas doenças eram mais ligadas

aos aspectos socioeconômicos em conjunto com a influência do clima do que a análise determinista e o estigma do homem dos trópicos (SANT'ANNA NETO, 2001).

Não há doenças climáticas e, portanto não há doenças tropicais, estas se impõem, substituindo velhas crenças por outra científica, pela observação e pela experiência: existem apenas doenças evitáveis, contra as quais a higiene tem meios seguros de defesa e reação (PEIXOTO, 1938 p.15).

Monteiro (1971), a partir das obras de Sorre, mudou a maneira de como a climatologia era estudada com a concepção de um novo paradigma: o ritmo climático. O conceito do ritmo se fundamentou por meio do encadeamento dos tipos de tempo, sendo possível conciliar o entendimento dos sistemas atmosféricos em escala diária e o papel do clima como fenômeno geográfico, que interferem nas atividades do homem e no espaço produzido (SANT'ANNA NETO, 2008).

[...] somente através da representação concomitante dos elementos fundamentais do clima em unidades de tempo cronológico pelo menos diárias, compatíveis com a representação da circulação atmosférica regional, geradora dos estados atmosféricos que se sucedem e constituem o fundamento do ritmo (Monteiro, 1971, p.9).

Além do novo paradigma do ritmo climático, Monteiro (1976) propôs a Teoria do Clima Urbano, estabelecendo que tanto o clima urbano quanto a vida nas cidades e o processo de urbanização alteram os atributos climáticos locais e principalmente a qualidade do ambiente.

A teoria do Sistema Clima Urbano – SCU é composta por três canais de percepção do homem do clima na cidade, sendo eles:

- a) Conforto térmico - Englobando as componentes termodinâmicas que, em suas relações, se expressam, através do calor, ventilação e umidade nos referenciais básicos a esta noção. É um filtro perceptivo bastante significativo, pois afeta a todos permanentemente. Constitui, seja na climatologia médica, seja na tecnologia habitacional, assunto de investigação de importância crescente.
- b) Qualidade do ar - A poluição é um dos males do século, e talvez aquele que, por seus efeitos mais dramáticos, atraia mais a atenção. Associada a outras formas de poluição (água, solo, etc.), a do ar é uma das mais decisivas na qualidade ambiente urbana
- c) Meteoros de impacto - Aqui estão agrupadas todas aquelas formas meteóricas hídricas (chuva, neve, nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestades) que, assumindo, eventualmente, manifestações de intensidade, são capazes de causar impacto na vida da cidade, perturbando-a ou desorganizando-lhe a circulação e serviços, (MONTEIRO, 1976, p.124 e125).

Esses três canais de percepção são fundamentais, pois constituem um produto das atividades da sociedade e os impactos negativos no clima urbano e na qualidade de vida.

A partir dos anos 1980, diversos estudos que abordavam a influência do clima sobre a saúde humana e a própria Geografia da Saúde ganharam destaque, em especial pesquisas que analisavam como os tipos de tempo podem interferir nos internamentos hospitalares, considerando a organização e produção do espaço, os aspectos culturais, sociais e econômicos (MONTEIRO, 2003).

Esta pesquisa, portanto, tem como base duas vias de percepção abordadas na teoria de Monteiro, o canal do conforto térmico e o canal da qualidade do ar.

3.2. Conforto térmico

O equilíbrio térmico do corpo humano está totalmente relacionado ao conforto térmico. O sistema termorregulador é o responsável pela busca desse equilíbrio das trocas térmicas entre o ambiente e o corpo humano; a sensação de bem-estar térmico é subjetiva e depende de cada organismo, condições ambientais e também da vestimenta (NEDEL *et al.*, 2009; HANNA; TAIT, 2015).

De acordo com Fanger (1972), o conforto térmico é uma condição da mente que expressa a satisfação com o ambiente térmico. Já a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer (2013), define conforto térmico como “um estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e que é avaliada de maneira subjetiva” a partir de um contexto individual dos aspectos fisiológicos e psicológicos.

Portanto o conforto térmico do ser humano envolve diversas variáveis como a atividade física, vestimenta, a temperatura média radiante, temperatura do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e também as variáveis subjetivas e metabólicas (FANGER, 1972).

A temperatura do ar é a variável mais relacionada ao conforto, principalmente por apresentar uma associação importante entre o meio e o corpo humano. Os extremos de temperatura tanto de frio quanto de calor podem gerar situações consideráveis de estresse térmico no organismo do homem, deixando a pessoa mais vulnerável às doenças cardíacas e respiratórias (GREEN *et al.*, 2016; SONG *et al.*, 2018).

A umidade relativa do ar influencia também no conforto térmico e está relacionada com a temperatura do ar, uma vez que a umidade relativa do ar é função da temperatura do ar (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O desconforto térmico pode ser determinado pela umidade quando o ar se encontra em sua quantidade máxima de vapor d'água, ou seja, quando a umidade relativa do ar está alta, menor é a capacidade de reter a água na superfície da pele e maior é a dificuldade da eliminação da energia térmica do organismo (FROTA; SCHIFFER, 2001).

O vento também é outro fator importante para a condição do conforto térmico. Essa variável é dinâmica e muitas vezes atua de maneira refrescante no corpo humano. No entanto, sua velocidade e características podem influenciar na saúde humana (SARTORI, 2000).

Além de avaliarmos cada variável que influencia no conforto humano individualmente ou em conjunto, foram criados índices de conforto térmico para estimar a sensação subjetiva de conforto e desconforto. Esses índices delimitam zonas de conforto térmico graficamente, por meio de nomogramas ou cartas e diagramas que limitam parâmetros físicos de estímulo, estabelecendo assim escalas (semânticas ou numéricas) que representam as zonas de conforto (GOBO, 2013).

Frota e Schiffer (2001) classificam que os índices de conforto térmico foram desenvolvidos a partir de três aspectos:

Índices biofísicos — que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;

Índices fisiológicos — que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;

Índices subjetivos — que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam (FROTA E SCHIFFER, 2001 p.26).

Existem diversos índices de conforto térmico no mundo que são aplicáveis tanto para espaços abertos e fechados, porém em sua maioria são índices desenvolvidos para espaços fechados. Como a construção desses índices é baseada a partir das características e dinâmica de uma região, lugar ou país, alguns índices representam as condições tropicais. No Brasil, muitos estudos estão em processo de validação e de calibração, portanto, segundo Frota e Schiffer (2001), os índices mais

recomendados são o de temperatura efetiva, a carta de Olgyay e o índice de conforto equatorial.

3.3. As doenças respiratórias

O sistema respiratório é um conjunto de órgãos que tem como função primária a troca gasosa (oxigênio e gás carbônico) entre o organismo e o meio ambiente, sendo composto pelas cavidades nasais e orais, faringe (garganta), laringe, traqueia, brônquios, bronquíolos e pulmões. O oxigênio é essencial para o funcionamento das células, quando inalado pelo nariz ou pela boca o ar passa através da faringe, laringe e traqueia que, posteriormente, se divide em dois brônquios até os bronquíolos e termina na conexão dos alvéolos pulmonares que trocam o oxigênio pelo gás carbônico que é expirado pelo nariz ou boca (TU; INTHAVONG; AHMADI, 2013).

As funções secundárias do aparelho respiratório consistem na filtragem, aquecimento e umidificação do ar que é inalado, incluindo a função da produção de som pelas cordas vocais localizada na laringe, olfato e controle (homeostase – equilíbrio) dos níveis de pH corporal pelo pulmão (TU; INTHAVONG; AHMADI, 2013).

O sistema respiratório pode ser dividido em duas partes que se baseiam na função ou anatomia, sendo elas: trato superior e do trato inferior (figura 1). O trato superior inclui os órgãos localizados fora do tórax, por exemplo, o nariz, faringe e laringe; o trato respiratório inferior por sua vez engloba a traqueia, brônquios, bronquíolo, duto alveolar e alvéolos (TU; INTHAVONG; AHMADI, 2013).

As doenças mais comuns do trato superior são: sinusite, faringite, amigdalite, rinite alérgica ou não; as doenças respiratórias do trato inferior são: pneumonia, bronquite, asma, entre outras. A asma e a doença pulmonar obstrutiva crônica – DPOC são as doenças mais preocupantes, pois de acordo com a Organização Mundial da Saúde, a prevalência está crescendo, sobretudo nos grupos mais vulneráveis de crianças e idosos.

O sistema respiratório, portanto, tem uma relação direta com o ambiente. Consequentemente, as variações de tempo e clima, a concentração de poluentes na atmosfera, a predisposição biológica e de comportamento de cada indivíduo podem determinar a ocorrência de agravos, alergias e doenças que afetam o aparelho respiratório.

Os atributos climáticos como a temperatura do ar, umidade relativa, precipitação, vento e os poluentes atmosféricos como o carbono (CO), ozônio (O₃), óxido nítrico (NO₂), material particulado (MP₁₀), têm, muitas vezes, papel importante para a piora das crises de asma, problemas agudos e crônicos devido à exposição contínua. As crianças são as mais afetadas por não terem um sistema imunológico e termorregulador desenvolvido (XU *et al.*, 2012; YANG *et al.*, 2012; HANNA; TAIT, 2015)

Figura 1: Sistema respiratório
Fonte: Adaptado de Tu, Inthavong e Ahmadi (2013)

O ar frio e seco diminui a capacidade e função do pulmão, possibilitando assim o aparecimento de infecções alérgicas (KOSKELA *et al.*, 1994). Além disso, a baixa temperatura e baixa umidade relativa do ar favorecem o crescimento e sobrevivência de vírus como os da influenza (gripe) e do vírus sincicial que é responsável por infecções respiratórias em crianças recém-nascidas e menores de 2 anos de idade (TANG *et al.*, 2010; FREITAS; DONALISIO, 2016).

Apesar das temperaturas mais reduzidas e o ar seco serem determinantes para a deflagração das doenças respiratórias, a alta temperatura e as ondas de calor também estão sendo relacionadas com o aumento das internações e mortes (MUGGEO; HAJAT, 2009; XU *et al.*, 2013, 2014; SHERBAKOV *et al.*, 2018). As

temperaturas elevadas, por exemplo, aumentam a quantidade de ozônio na atmosfera e colaboram para que o nervo sensorial da fibra-C pulmonar cause broncoconstrição, ou seja, a redução da passagem de ar nas vias aéreas (HAYES *et al.*, 2012).

A alta umidade relativa também representa um fator importante que pode influenciar no aparecimento das doenças respiratórias, principalmente acarretando crises de asma, rinites (alérgicas e não alérgicas), entre outras inflamações da membrana mucosa, pois está relacionada à sensibilidade a alérgenos internos e externos como o mofo e fungos (TISCHER; HEINRICH, 2013; THAM *et al.*, 2017a, 2017b).

A precipitação e o vento contribuem para a “limpeza” e dispersão dos poluentes na atmosfera. A poluição atmosférica, de acordo com Monteiro (2003), é decisiva na qualidade do ambiente urbano, sendo um grande mal do século por causar muitos danos à saúde do homem.

O ozônio (O₃), enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂), monóxido de carbono (CO) e o material particulado (MP) inalável 10 µm são os maiores poluentes considerados causadores de danos à saúde. Estes compostos de maneira geral podem agir de diversas formas no corpo humano e, na maioria das vezes, estão associados, afetando as vias aéreas inferiores, causando reações alérgicas, asma e até mesmo dependendo da poluição do ar e da quantidade do poluente inalado podem iniciar uma inflamação no pulmão (BRUNEKREEF; HOLGATE, 2002; LIN *et al.*, 2017).

O material particulado é um dos maiores complicadores das doenças respiratórias. O MP possui diferentes tamanhos e é constituído por diversos poluentes, poeiras, materiais sólidos, líquidos e fumaças que se mantêm em suspensão na atmosfera que podem atingir os alvéolos pulmonares e a parte superior do sistema respiratório (ANDERSON; THUNDIYIL; STOLBACH, 2012; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013).

Desta forma, muitas pesquisas buscaram compreender como os poluentes atmosféricos afetam a morbidade e mortalidade das doenças respiratórias, principalmente em grandes cidades como São Paulo (SALDIVA *et al.*, 1994; BRAGA; CONCEIÇÃO; PEREIRA, 1999; BRAGA *et al.*, 2001; CONCEIÇÃO *et al.*, 2001).

As pesquisas realizadas em São Paulo e no Brasil abordam mais a poluição atmosférica como um fator importante para a ocorrência das doenças respiratórias, tendo poucos trabalhos que avaliam as condições climáticas. Além disso, a maioria

desses estudos muitas vezes adota métodos lineares de análises (COÊLHO; GONÇALVES; LATORRE, 2010; SOUZA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2017).

Atualmente, os estudos que pesquisam essa relação entre as doenças respiratórias e fatores climáticos e de poluição utilizam os modelos não lineares que levam em conta as defasagens temporais (Distributed Lag Non-Models - DLNM). Para os internamentos, a defasagem ao longo do tempo é importante ser considerada, uma vez as pessoas podem ser expostas a determinada condição de tempo em um dia e não sentir os efeitos imediatos e acabar sendo internada dias ou semanas após essa exposição.

Esse modelo permite controlar efeitos de confusão, como por exemplo, a sazonalidade, os dias da semana e avalia os limites das variáveis que representam o maior e menor risco para a população. No entanto, a grande maioria desses estudos são realizados em países de clima frio, temperado ou subtropical (MUGGEO; HAJAT, 2009; LAM *et al.*, 2016; ISLAM; CHAUSSALET; KOIZUMI, 2017; O' LENICK *et al.*, 2017a; TANG *et al.*, 2017). Portanto, há uma carência de pesquisas nos países tropicais que adotem esse método, principalmente no Brasil.

Apesar dos diversos fatores ambientais influenciarem nas causas e nos agravos das doenças respiratórias, as condições socioeconômicas são um dos principais determinantes das desigualdades na saúde e qualidade de vida da população. O alto risco de morbidade e mortalidade relacionadas às doenças respiratórias são maiores em áreas onde a privação é maior (piores condições socioeconômicas e materiais) se comparado com as áreas de menor privação (EAGAN *et al.*, 2004; SHOHAIMI *et al.*, 2004; CURNANE *et al.*, 2015; MARÍ-DELL'OLMO *et al.*, 2015), sendo a educação, habitação, desemprego e renda familiar as características mais decisivas do risco elevado.

Melhores condições socioeconômicas proporcionam melhor atendimento médico, alimentação e nutrição adequada, habitações localizadas em áreas com menor impacto aos fatores ambientais que podem prejudicar a saúde, entre outros aspectos.

Contudo, poucos estudos abordam a relação entre as condições socioeconômicas e as internações por doenças respiratórias. Sendo que, em sua maioria o foco de análise são as doenças crônicas (MIELCK; REITMEIR; WJST, 1996; CHEN; BREITHAUP; MUHAJARINE, 2000; KANERVISTO *et al.*, 2011; UNGAR *et al.*, 2011; GRIGSBY *et al.*, 2016)

Por conseguinte, o entendimento tanto das condições ambientais e socioeconômicas é de fundamental importância para o planejamento e para a busca de melhorias da qualidade de vida da população, sendo necessária a ampliação de estudos que abordem esses fatores para prevenir e/ou minimizar os efeitos das doenças respiratórias em crianças.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

Esta pesquisa apresenta delineamento do tipo ecológico que procura analisar como o contexto ambiental e social se relaciona com a saúde da população na área de estudo.

A figura 2 representa as etapas e procedimentos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 2: Fluxograma das etapas e procedimentos da pesquisa
Organizado pela autora

4.1. Área de estudo

A área de estudo desta pesquisa (figura 3) se localiza no município de São Paulo e é representada pelos distritos Belém, Bom Retiro, Brás, Casa Verde, Limão, Pari, República, Santa Cecília, Santana, Sé, Tucuruvi, Vila Guilherme, Vila Maria e Vila Medeiros.

Figura 3: Mapa da localização da área de estudo
Organizado pela autora

Esta área de estudo foi escolhida por apresentar diversas estações meteorológicas (11 estações do Centro de Gerenciamento de Emergência – CGE e uma do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET), possibilitando, portanto, uma melhor representatividade das condições de tempo e clima.

No entanto, ao longo da pesquisa descobrimos que os dados de algumas estações não eram representativos para a espacialização das variáveis, além disso, alguns bancos de dados apresentavam falhas significativas e as condições de coletas não eram adequadas. Sendo assim, optamos por utilizar apenas a estação do INMET localizada no distrito de Santana.

A população residente nesta área é de 970.663 habitantes, das quais 53.001 são crianças de 0 a 9 anos de idade de acordo com o Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2014).

Como os dados de internação são provenientes apenas do Sistema Único de Saúde (SUS) e a estimativa da população residente no município de São Paulo que faz uso exclusivo deste sistema é de 55,6% em média, essa cobertura do serviço público pode variar em cada distrito. Em São Paulo, a menor porcentagem de usuários do SUS (31,7%) se encontra no distrito de Moema e a maior (71,4%), em Marsilac (CEINFO, 2010). Para a área de estudo a estimativa está entre 43,2% em Santana e 59,5% na Sé (tabela 1).

Tabela 1: Estimativa da população exclusivamente usuária do SUS nos distritos de São Paulo localizados na área de estudo

Distrito	Estimativa (%)
Belém	51,1
Bom Retiro	52,0
Brás	52,9
Casa Verde	51,0
Limão	52,8
Pari	54,6
República	57,7
Santa Cecília	45,9
Santana	43,2
Sé	59,5
Tucuruvi	45,3
Vila Guilherme	49,6
Vila Maria	57,1
Vila Medeiros	56,7
Média	52,1

Fonte: CEInfo (2010)
Organizado pela autora

Além de algumas características populacionais da área de estudo é preciso compreender as características físicas e ambientais do município de São Paulo.

O município está inserido entre as altitudes de 720 a 850 metros e faz parte de dois grandes compartimentos geológicos: Embasamento Pré–Cambriano e da Bacia de São Paulo. O embasamento pré-cambriano pertence a morfoestrutura do Cinturão Orogenético do Atlântico e morfoescultura do Planalto Atlântico. A Bacia de São Paulo representa o compartimento central, onde a cidade de São Paulo teve seu núcleo principal, sendo os rios Tietê e Pinheiros as principais bacias hidrográficas que cortam a região (ROSS; MOROZ, 1996).

O clima da metrópole paulistana segundo Monteiro (1969) apresenta características de transição entre o Clima Tropical Úmido de Altitude (com período seco) e subtropical (úmido ao sul da faixa pela atividade frontal), sendo o principal aspecto dessa transição climática a alternância das estações.

A sazonalidade de São Paulo pode ser observada no climograma (figura 4), sendo bem definida em duas estações: uma representada pela primavera e verão (quente e úmido) de outubro a março e uma mais fria e menos chuvosa entre abril e setembro (outono/inverno).

Figura 4: Climograma de São Paulo normal climatológica 1961 -1990
Fonte: INMET (2016)
Organizado pela autora

A temperatura média na normal climatológica de 1961 a 1990 apresenta os menores valores médios nos meses de abril a agosto, sendo a variação entre 16,7°C (julho) a 20,5°C (outubro). O mês mais quente é fevereiro com 23,4°C de temperatura média. A precipitação média mensal varia entre 238,9 mm em janeiro e 38,9 em agosto; a média anual da precipitação na normal é de 1.454,8 mm.

Essa variabilidade climática está ligada a diversos sistemas atmosféricos que influenciam na dinâmica climática local, como por exemplo, a presença das massas de ar (Tropical atlântica - mTa, massa Tropical continental - mTc - menos frequente, mas produz ventos de oeste e noroeste muito secos e quentes, massa Polar atlântica – mPa), além da atuação do sistema Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)

que é responsável pelos períodos secos, exceto na Serra Mar e nas proximidades onde a orografia é marcada (NIMER, 1989).

A latitude e a circulação secundária associada à proximidade do oceano e o relevo são controles de macro escala que também influenciam nos atributos climáticos da cidade, no entanto o processo de urbanização, dos diversos padrões do uso do solo, bem como a ocupação e atividades humanas interferem nas temperaturas da cidade (TARIFA; ARMANI, 2001; RIBEIRO; AZEVEDO, 2003).

Tarifa e Armani (2001) classificam os climas de São Paulo a partir de duas perspectivas: a primeira levando em consideração os espaços “naturais” do município em diferentes níveis (local, meso e topoclimático) com as Unidades Climáticas “Naturais” e a segunda, considerando as características dos espaços urbanos e dos atributos climáticos, definindo assim, as Unidades Climáticas Urbanas.

As Unidades Climáticas “Naturais” em nível local são divididas em Clima Tropical de Altitude do Planalto Paulistano (mesoclimas: os topos mais elevados dos maciços, serras e altas colinas; as colinas intermediárias, morros baixos, terraços e patamares; e as várzeas e baixos terraços) , Clima Tropical Úmido Serrano da Cantareira – Jaraguá (mesoclimas: os maciços e serras da face meridional da Cantareira e Jaraguá, onde está inserido o Parque da Cantareira, e os maciços e serras da face setentrional da Cantareira e Jaraguá, ocupando os topos voltados para a Bacia do Juquerí), Clima Tropical Úmido de Altitude do Alto Juqueri (mesoclimas, sendo referente aos morros e espigões do Alto Juquerí – Tietê e aos terraços e as várzeas do Vale do Juquerí), Clima Tropical Sub-oceânico Super-úmido do Reverso do Planalto Atlântico (dois mesoclimas: os morros e espigões elevados do Alto Pinheiros e Embú-Guaçu, e morros e nascentes do Alto Pinheiros e Embú-Guaçu. Este segundo mesoclima foi subdividido em dois topoclimas, referente aos próprios morros e nascentes, e o referente ao espelho d’água da represa Billings), Clima Tropical Oceânico Super-úmido da fachada Oriental do Planalto Atlântico (três mesoclimas: serras e altos espigões da Fachada Oriental do Planalto Atlântico, morros, serras e escarpas do Alto Capivari-Monos, e escarpa oriental do Planalto Atlântico -Serra do Mar).

A partir disso, Tarifa e Armani (2001) fizeram a classificação de quatro macro-unidades climáticas urbanas no município de São Paulo. Essas macro-unidades são consideradas “homogêneas” e são caracterizadas pelo tempo (sazonal, mensal, diário e horário) e pela relação entre os controles (poluentes, uso do solo, áreas verdes,

edificações, entre outros) e atributos (temperatura de superfície e do ar, umidade do ar, insolação, precipitação, vento e radiação solar) climáticos.

Sendo assim, as Unidades Climáticas Urbanas são divididas em quatro unidades: Unidade Climática Urbana Central, Unidade Climática Urbana de Periferia, Unidade Climática do Urbano Fragmentado e Unidade Climática Não-Urbana (figura 5).

A Unidade Climática Urbana Central (I) abrange o centro da cidade de São Paulo, estendendo-se para a Zonal Sul, Liberdade, Vila Mariana parte do Parque do Estado, a transição ocorre entre o Brooklin e a verticalização da Avenida Luís Carlos Berrini. Ao Norte, Leste e Oeste-Sudoeste representa o núcleo das marginais, as várzeas e os terraços baixos urbanizados do Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. Esta Unidade se divide e é representada pelas letras A e mais seis Unidades Marginais ou periféricas ao núcleo B, C, D, E, F, G.

A classificação da Unidade Climática Urbana da Periferia (II) seguiu o critério de caracterização da área que levou em consideração as condições de habitação, socioambientais e socioeconômicas, sendo subdividida também em letras A, B, C, D, E (TARIFA; ARMANI, 2001).

A Unidade Climática do Urbano Fragmentado (III) representa a transição do urbano para o rural, onde localiza-se as ligações rodoviárias (estrada de Parelheiros) e ferroviárias da CPTM com Parelheiros e Capela do Socorro (TARIFA; ARMANI, 2001).

A quarta Unidade Climática não Urbana coincide com a área da Unidade Climática Natural de Clima Tropical Oceânico Super-úmido da fachada Oriental do Planalto Atlântico, sendo sua ocupação quase inexistente.

A área de estudo desta pesquisa está inserida na Unidade Climática Urbana Central (I A1, B1 G2, G3, G4 e G5).

A parte central como a Sé na direção ao Bairro Santa Cecília e Barra Funda fazem parte de um nível topoclimático, onde os fluxos de radiação e do vento são substancialmente alterados pela intensa verticalização, fazendo parte da classificação A1 (TARIFA; ARMANI, 2001).

As áreas do Brás, Belém e Bom Retiro representam a Unidade B1 e é uma das partes antigas da cidade que apresenta forte aquecimento, resultado do vale plano, rebaixado e com telhados e superfícies que possuem alta capacidade de radiação

solar, as temperaturas nesta região podem ser superiores a 32°C às 10h00min (TARIFA; ARMANI, 2001).

Figura 5: Unidades Climáticas Urbanas de São Paulo
Fonte: SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE (2004)

Os principais distritos da Zona Norte de São Paulo se caracterizam de maneira geral por uma homogeneidade de habitações como casas residenciais de até 2 pavimentos (residencial baixo ou intermediário) intercalados por centros comerciais e de verticalização muito intensa e fazem parte da Unidade G que é estruturada em 6 subunidades que levaram em consideração as variações do uso do solo e a distribuição do campo térmico da temperatura de superfície. A subunidade G2 engloba os do Limão, Casa Verde e parte de Santana, e apresenta temperaturas entre 29 a 32°C, tanto em setembro como em abril (TARIFA; ARMANI, 2001).

O núcleo do distrito de Santana faz parte da Unidade G3 e se caracteriza principalmente pela sua forte verticalização, adensamento de pessoas, veículos e diversas atividades. A Unidade Climáticas Urbana IG4 (Vila Guilherme e Vila Maria) apresenta um forte aquecimento do solo com temperaturas entre 29 e 33°C, a IG5 (Tucuruvi) também apresenta esse forte aquecimento, no entanto um pouco mais moderado (26 a 30°C) se comparado com a G4. Esta diferença se deve ao fato que o Tucuruvi é um distrito que possui uma razoável porcentagem de áreas verdes, além da unidade G4 ser mais baixa e mais plana do que a G5 (TARIFA; ARMANI, 2001).

4.2. Aquisição de dados

4.2.1. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos diários e horários de temperatura média, mínima e máxima do ar, precipitação, velocidade do vento e umidade relativa do ar foram coletados por uma estação meteorológica convencional (23°30' S; 46°37' O; altitude: 792,1m ANMM) do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e disponibilizados no Banco de dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – BDMEP (disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>) do INMET. Esta estação serviu de referência a esta pesquisa por se localizar dentro da área de estudo, ou seja, por representar melhor as condições de tempo do local no período de 2003 a 2013. Este período de 11 anos foi escolhido por ter uma boa representatividade da variabilidade climática do local e também pela limitação dos dados epidemiológicos.

As falhas (2,61%) de umidade relativa do ar, vento e das temperaturas média, máxima e mínima do ar, foram preenchidas com os dados da estação meteorológica automática do INMET (23°30' S, 46°37' O; altitude: 792,06m ANMM).

4.2.2. Dados de poluição e qualidade do ar

Para esta pesquisa apenas o poluente atmosférico MP₁₀ (material particulado com diâmetro aerodinâmico menor de 10 µm) foi considerado, uma vez que não apresenta uma grande variação na escala de representatividade espacial da estação devido às características distintas referentes ao uso e ocupação do solo (CHIQUELLO, 2016). Além disso, o MP₁₀ apresentou medidas mais consistentes (sem grandes falhas) no banco de dados disponível para o período estudado.

Os dados do poluente atmosférico MP₁₀ foram obtidos pela base de estações de monitoramento da Companhia Ambiental de São Paulo – CETESB localizadas no Parque Dom Pedro II e em Santana, sendo possível encontrar as medidas diárias e horárias na plataforma Qualar (disponível em: <http://ar.cetesb.sp.gov.br/qualar/>). As falhas encontradas também foram preenchidas com base no critério da correlação de Pearson.

O índice de qualidade do ar também foi considerado como uma variável e foi classificado pela CETESB (2016) de acordo com os padrões estabelecidos no Decreto Estadual nº 59.113/2013 (tabela 2).

4.2.3. Dados epidemiológicos

Inicialmente, esta pesquisa tinha a intenção de trabalhar com as internações hospitalares em crianças e idosos. No entanto, a partir do pressuposto que as pessoas idosas foram mais expostas a determinadas condições e hábitos como o tabagismo, por exemplo, que podem colaborar para o agravamento das doenças respiratórias foi considerado apenas o grupo de crianças de 0 a 9 anos de idade. A escolha dessa faixa etária se baseou em estudos anteriores e também na classificação de idades estabelecidas pelo IBGE.

Tabela 2: Qualidade do Ar

Qualidade	Índice	MP10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24h	Significado	Prevenção de Riscos à Saúde	Efeitos à Saúde
N1 - BOA	0 - 40	0 - 50			
N2 – MODERADA	41-80	>50 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.	Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, procurem reduzir esforço pesado ao ar livre.	Pessoas com doenças respiratórias podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço.
N3 – RUIM	81-120	>100 - 150	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.	Reduzir o esforço físico pesado ao ar livre, principalmente pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças.	Pessoas com doenças respiratórias ou cardíacas, idosos e crianças têm os sintomas agravados. População em geral pode apresentar sintomas como ardor nos olhos, nariz e garganta, tosse seca e cansaço
N4 – MUITO RUIM	121-200	>150 - 250	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).	Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar esforço físico pesado ao ar livre; o restante da população deve reduzir o esforço físico pesado ao ar livre.	Aumento dos sintomas em crianças e pessoas com doenças pulmonares e cardiovasculares. Aumento de sintomas respiratórios na população em geral.
N5 – PÉSSIMA	>200	> 250	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.	Pessoas com doenças cardíacas ou pulmonares, idosos e crianças devem evitar qualquer esforço físico ao ar livre; o restante da população deve evitar o esforço físico pesado ao ar livre.	Agravamento dos sintomas respiratórios. Agravamento de doenças pulmonares, como asma, e cardiovasculares, como infarto do miocárdio.

Fonte: CETESB (2017)
Organizado pela autora

Os dados das internações hospitalares por doenças respiratórias foram obtidos na plataforma de dados públicos MS-BBS do DATASUS - Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – SUS. Nesta plataforma, é possível acessar o Sistema de informações Hospitalares do SUS – SIH/SUS que disponibiliza os registros das Autorizações de Internação Hospitalar – AIH, ou seja, os registros das

internações hospitalares que foram financiadas pelo SUS, atendidas ou não em hospitais públicos.

O sistema de registros das AIH apresenta algumas limitações de confiabilidade tanto na parte administrativa quanto no preenchimento do formulário.

As principais limitações administrativas podem ser: limite de emissão da AIH para cada estado brasileiro muitas vezes é insuficiente para cobrir todos os internamentos, o que acarreta em um excedente não processado pelo DATASUS e a maneira como é feito o repasse dos recursos financeiros entre os diferentes subsetores que são credenciados ao SUS (BITTENCOURT; CAMACHO; DO CARMO LEAL, 2006).

Já as limitações relacionadas ao preenchimento do formulário são: ter apenas duas condições diagnósticas (sub-registros do diagnóstico secundário), o uso dos internamentos hospitalares como unidade e não o indivíduo, o que pode sobre-estimar os dados (várias internações de um paciente com a mesma doença - reinternação) e a ausência de dados das condições sociais e econômicas dos pacientes (VERAS; MARTINS, 1994; BITTENCOURT; CAMACHO; DO CARMO LEAL, 2006).

Os dados das AIH possuem diversas informações das internações, tais como: número do cadastro do contribuinte do hospital – CGC, número da AIH, código de endereçamento postal – CEP da residência do paciente, município, valores referentes à internação, data de nascimento, dados do paciente como idade, sexo, data de entrada e saída de internação, diagnóstico principal, diagnóstico secundário, dias de permanência, morte, entre outras informações. Para esta pesquisa, foram utilizadas as informações do CGC, CEP, município, idade, sexo, data de entrada da internação e diagnóstico principal.

Na plataforma MS-BBS do DATASUS os dados são organizados por pastas de acordo com o ano e os arquivos divididos por mês. Para os anos de 2003 a 2007, os formatos das planilhas disponibilizadas são em (.dbc), tendo que ser transformadas para formato (.dbf) a partir do programa TabWin do DATASUS.

Como as AIH podem ser processadas em períodos ou anos diferentes, foram encontrados dados de internações, por exemplo, com entrada em 2003, mas apenas processado no ano de 2004, portanto as planilhas de 2014 também foram considerados e coletados apenas os internamentos referentes ao período de estudo. Problemas como a duplicidade dos registros, da falta de CEP e também de dados com

CEP do hospital de atendimento foram encontrados, não sendo considerados na montagem do banco final.

O diagnóstico principal obtido no banco de dados se baseia na Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID – 10.

A CID – 10 foi desenvolvida em 1990 pela Organização Mundial da Saúde – OMS e aplicada nos países participantes a partir de 1994. É considerada uma ferramenta de diagnóstico importante, pois padroniza internacionalmente as doenças, facilitando, por exemplo o planejamento da saúde, pois monitora a incidência e a prevalência das doenças e outros problemas de saúde (WHO, 2004)

As doenças respiratórias na CID – 10 estão classificadas no capítulo X e pela letra J. Na tabela 3 é possível observar a divisão principal da classificação para as doenças respiratórias.

Tabela 3: Tabela da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID – 10, Capítulo X

Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde – CID – 10
Capítulo X
J00-J06 - Infecções agudas do trato respiratório superior
J09-19 - Influenza (gripe) e pneumonia
J20-J22 - Doenças respiratórias agudas das vias aéreas inferiores
J30-J39 - Outras doenças do trato respiratório superior
J40-J47 - Doenças crônicas das vias aéreas inferiores
J60-J70 - Doenças do pulmão devido a agentes externos
J80-J84 - Outras doenças respiratórias que afetam principalmente o interstício
J85-J86 - supurativa e condições necróticas de trato respiratório inferior
J90-J94 - Outras doenças da pleura
J95-J99 - Outras doenças do sistema respiratório

Por conseguinte, as doenças respiratórias consideradas no diagnóstico principal para esta pesquisa foram:

- J00-J06 Infecções agudas das vias aéreas superiores;
- J09-J18 Influenza [gripe] e pneumonia;
- J20-J22 Outras infecções agudas das vias aéreas inferiores;
- J30-J39 Outras doenças das vias aéreas superiores (exceto J33 a J39);
e
- J40-J47 Doenças crônicas das vias aéreas inferiores.

As doenças classificadas de J60-J70 (doenças pulmonares devidas a agentes externos), J80-J84 (outras doenças respiratórias que afetam principalmente o interstício), J85-J86 (afecções necróticas e supurativas das vias aéreas inferiores), J90-J94 (outras doenças da pleura) e J95-J99 (outras doenças do aparelho respiratório) não foram consideradas, pois não possuem representatividade no grupo de estudo ou apresentam causas relacionadas a fatores como tumores (pólipo nasais de ocorrência comum em adultos maiores de 40 anos de idade), agentes externos como a exposição prolongada dos mineiros de carvão, sílica cristalina, entre outros.

4.2.4. Dados demográficos e socioeconômicos

Os dados referentes à população residente na área de estudo, bem como as variáveis socioeconômicas e materiais por setor censitário foram obtidos a partir do Censo Demográfico de 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística - IBGE.

As variáveis consideradas para esta pesquisa são baseadas nas características dos domicílios particulares permanentes (quantidade de moradores, número médio de moradores, coleta de lixo, abastecimento de água e quantidade e uso do banheiro), das pessoas residentes (quantidade de pessoas residentes classificadas por sexo, idade, raça e escolaridade) e de rendimento (média do rendimento dos responsáveis por domicílio particular permanente em reais, responsáveis com rendimento nominal mensal de até $\frac{1}{2}$ salário mínimo e pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de mais de $\frac{1}{2}$ a 1 salário mínimo).

4.3. Índice de conforto térmico

Os índices de conforto térmico adotados nesta pesquisa são o Índice de Temperatura Efetiva (TE), elaborado por Missenard (1937) e o Índice de Temperatura Efetiva com vento (TEv), proposto por Suping *et al.* (1992). De acordo com as equações abaixo:

- Índice de Temperatura Efetiva (TE)

$$TE = Ta - 0,4 * (Ta - 10) * \left(\frac{1 - UR}{100} \right)$$

Onde:

TE = temperatura efetiva (°C)
Ta = temperatura do bulbo seco (°C)
UR = umidade relativa (%)

- Temperatura Efetiva com vento (TEV)

$$TEv = 37 - \frac{(37 - T)}{\left[0,68 - 0,001UR + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}} \right]} - 0,29T \left(1 - \frac{UR}{100} \right)$$

Onde:

T = temperatura do ar (°C)
UR = umidade relativa (%)
v = velocidade do vento (m/s)
TEv = temperatura efetiva em função do vento (°C)

A aplicação desses índices servirá para o entendimento da relação entre as condições de desconforto térmico e a ocorrência de doenças respiratórias em crianças.

4.4. Eventos extremos

A ocorrência de eventos extremos de temperatura e precipitação fazem parte da variabilidade natural do clima, no entanto seu impacto pode gerar grandes problemas ambientais e sociais, principalmente nas áreas urbanas. Uma vez que a estrutura e a produção do espaço das grandes cidades podem intensificar esses problemas causados pelos extremos.

4.4.1. Ano padrão

Para a definição de períodos/anos extremos baseados na temperatura do ar, seguiu-se o método de anos padrão proposto por Monteiro (1969 e 1971). Este método consiste na realização de cálculos da média e do desvio padrão (um desvio

padrão acima da média e outro desvio padrão abaixo da média) nas variáveis de temperatura média, máxima e mínima do ar.

A partir disso, foi possível classificar as estações e o ano como sendo habitual (entre os dois desvios padrão), mais quente (valores maiores que o desvio padrão acima da média) e mais frio (valores menores que o desvio padrão abaixo da média). A determinação dos anos e da classificação foi baseada nos resultados das estações de outono e inverno, uma vez que segundo alguns autores (GOUVEIA *et al.*, 2006; SETTE; RIBEIRO; SILVA, 2012) essas duas estações são mais importantes e relevantes para os estudos de doenças respiratórias, bem como os extremos de temperatura são importantes para o entendimento das interações.

Por conseguinte, a classificação final encontrou os anos de 2004 como sendo um ano de outono e inverno mais frio de toda a série histórica e o ano de 2005 o ano que apresentou um outono e inverno mais quente de toda a série histórica.

O estudo de períodos extremos pode possibilitar o melhor entendimento entre a relação da dinâmica climática e de tempo com as interações por doenças respiratórias em crianças.

4.5. Análise temporal

A análise temporal desta pesquisa tem como objetivo analisar os internamentos (variável dependente), dados meteorológicos, poluição atmosférica, índices de conforto térmico e os eventos extremos (variáveis explicativas) a partir da parte descritiva, da aplicação de modelos estatísticos como o Modelo Linear Generalizado – GLM e o modelo não linear - Distributed Lag Non-linear Models – DLNM para verificar as relações entre o número de internações e as variáveis explicativas.

O Modelo Linear Generalizado foi adotado para analisar a relação entre a variável dependente com as variáveis explicativas. Os GLM são caracterizados pela distribuição de probabilidade e fazem parte da família exponencial, sendo amplamente utilizados principalmente em dados de contagem e aplicado em diversas áreas do conhecimento (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

O modelo DLNM em conjunto com o GLM também foi aplicado para verificar a relação entre a variável dependente e as variáveis explicativas. O modelo DLNM permite analisar as dependências não lineares e com defasagem no tempo (*lags*), além de possibilitar melhor detalhamento de análise, como o controle dos fatores de

confusão e analisar os riscos relativos em determinadas situações, como por exemplo, limites de temperatura (GASPARRINI, 2011, 2014).

Os *softwares* utilizados para o cálculo e representação gráfica da análise estatística temporal foram o R, RStudio e Excel.

4.5.1. Análise descritiva

Os dados meteorológicos, índice de conforto térmico, extremos de temperatura, poluição atmosférica e os dados epidemiológicos foram analisados em escala diária, mensal, anual e por estações do ano, por meio de medidas-resumo (média, desvio padrão, máximo, mínimo e quartis) para cada variável quantitativa e seus respectivos histogramas.

Em seguida, para melhor compreensão das características e do comportamento dos internamentos e das demais variáveis ao longo do tempo foram elaborados gráficos, boxplots e tabelas.

A correlação linear de Pearson (r) também foi utilizada para verificar a relação entre os internamentos e as variáveis meteorológicas e de poluição foi utilizada para verificar a relação entre duas variáveis.

4.5.2. Modelo Linear Generalizado - GLM

A partir da análise descritiva, foi possível constatar que a distribuição dos dados da variável resposta (internamentos) não apresentou um comportamento normal, não sendo possível adotar técnicas de regressão lineares mais simples, sendo adotado o Modelo Linear Generalizado com uma distribuição de Poisson.

A distribuição de Poisson é uma regressão empregada para analisar dados de contagem e possui como propriedade o mesmo valor para a média e a variância (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

Para escolhermos as variáveis explicativas que seriam mantidas no modelo, consideramos os métodos de multicolinearidade, *backward* e os critérios de Akaike – IAC.

A multicolinearidade representa problemas na interpretação das relações entre variáveis explicativas e a variável resposta, uma vez que as variáveis explicativas podem ter uma relação linear exata ou próxima entre si (GREENE, 2002).

Os problemas de multicolinearidade podem ser resolvidos por meio da adoção da análise por Componentes Principais - ACP ou pela exclusão de uma ou mais variáveis que são correlacionáveis.

O método *backward*, segundo Paula (2010), se baseia em um teste de hipóteses que compara o coeficiente de cada variável a zero, removendo assim, as variáveis não significativas. Já o Critério de Akaike, se baseia na comparação dos resultados do modelo.

O método proposto por Akaike (1974) basicamente se diferencia dos procedimentos anteriores por ser um processo de minimização que não envolve testes estatísticos. A ideia básica é selecionarmos um modelo que seja parcimonioso, ou em outras palavras, que esteja bem ajustado e tenha um número reduzido de parâmetros. Como o logaritmo da função de verossimilhança $L(\beta)$ cresce com o aumento do número de parâmetros do modelo, uma proposta razoável seria encontrarmos o modelo com menor valor para a função (PAULA, 2010, p.79).

Com as variáveis preditoras do modelo selecionadas, foi ajustado um modelo com distribuição de Poisson para a variável resposta de ligação logarítmica.

Observando os resíduos do modelo a partir do gráfico normal de probabilidades com envelopes para verificar a suposição de que os dados apresentam distribuição de Poisson, constatou-se que a variável resposta (internamentos) não é adequada, ou seja, o número de internações não se ajustou bem aos dados. Um motivo para essa não adequação é a sobredispersão (variância é maior que a resposta média).

Uma alternativa para este problema de sobredispersão é adequar/ajustar a variável resposta a uma distribuição Binomial Negativa – BN.

A figura 6 representa um exemplo da verificação da adequabilidade do ajuste de um dos modelos adotados nesta pesquisa por meio de um gráfico de análise dos resíduos. À esquerda, é o ajuste de um modelo utilizado a partir da distribuição de Poisson com 91,9% dos pontos fora do envelope, já os resíduos representados na direita são do modelo de distribuição Binomial negativa, no qual apresenta um ajuste satisfatório com apenas 8,02% dos pontos fora do envelope.

Figura 6: Análise de resíduos de um modelo GLM adotado, à esquerda distribuição de Poisson e à direita envelope da distribuição Binomial Negativa.

O modelo da distribuição Binomial Negativa também seguiu os critérios considerados anteriormente para a escolha das variáveis explicativas e utilizou a função logarítmica, sendo explicada na fórmula abaixo:

$$Y_{ijk} \sim BN(\mu_{ijk}, \varphi)$$

$$\log(\mu_{ijk}) = \beta_0 + \beta_{i1} + \dots + \beta_{i18}$$

Onde:

i = níveis do fator ano do período de estudo (2003 a 2013)

j = níveis do fator estação do ano (primavera, verão, outono e inverno)

k = unidades experimentais

Y_{ijk} = número dos internamentos diários com base no ano i, estação j e a unidade experimental k;

μ_{ijk} := parâmetro da distribuição de Y (internamentos);

Φ = o parâmetro de dispersão;

β_0 := média do log da variável resposta (internamentos) para os primeiros níveis das variáveis explicativas;

$\beta_{i1} + \dots + \beta_{i18}$ = representam os coeficientes de regressão relacionados às variáveis explicativas adotadas no modelo, β_{i1} , por exemplo é a variável de referência do ano de 2004 e a β_{i18} é a temperatura média do ar.

Os resultados do modelo GLM de distribuição Binomial Negativa quando adota a forma exponencial gera o valor do risco relativo – RR. O risco relativo neste caso se refere à probabilidade das internações aumentarem ou diminuir, a partir da relação dos internamentos com as variáveis explicativas ao longo do tempo. Os valores do RR foram calculados com um intervalo de confiança de 95%. O RR representa a probabilidade das internações aumentarem ou diminuir em determinadas

condições. Valores maiores que 1 indicam risco elevado, valores menores que 1 considera-se baixo risco, já os valores iguais a 1 representa ausência de relação.

A mesma metodologia do modelo foi aplicada para análise separada dos anos extremos de 2004 e 2005.

O modelo final para o período todo de 2003 a 2013 ficou com as seguintes variáveis: temperatura média do ar, umidade relativa do ar, precipitação e MP_{10} e fatores ano e estação do ano. Para 2004, temos: temperatura do ar mínima, T_{ev} , MP_{10} e fator estação do ano. Umidade relativa do ar, TE precipitação e o fator ano formaram o modelo final do ano extremo de 2005.

4.5.3. Distributed Lag Non-linear Models – DLNM

O modelo Distributed Lag Non-Linear – DLNM representa uma família de modelos que descreve os efeitos não lineares que variam simultaneamente ao longo do espaço da variável preditora e na dimensão da defasagem (*lag*) da sua ocorrência (GASPARRINI; ARMSTRONG; KENWARD, 2010).

A defasagem da exposição (*lag*) é uma função importante, pois na maioria das vezes os efeitos da exposição a um evento não são limitados ao período que este evento foi observado (GASPARRINI; ARMSTRONG; KENWARD, 2010), ou seja, a manifestação de sintomas ou a demora da procura ao atendimento médico podem ser um dos fatores de atraso, não correspondendo assim, ao tempo exato da exposição a determinados tipos de eventos, como, reduzidas temperaturas, poluição do ar, entre outros.

O DLNM, sendo assim, adota a função *cross-basis* que representa o espaço bidimensional e descreve as relações ao longo do espaço do preditor (internamentos) e dos efeitos do *lag* (GASPARRINI; ARMSTRONG; KENWARD, 2010).

Além disso, vários fatores de longo e curto tempo como a sazonalidade, feriado e o dia da semana, por exemplo, podem interferir e confundir a relação entre a exposição e o seu desfecho, neste modelo esses fatores de confusão foram controlados pelo natural *cubic splines – NS* (suavização).

Portanto, adotamos o DLNM para relacionar os internamentos com as variáveis de temperatura média do ar, umidade relativa do ar, precipitação e poluição do ar (MP_{10}). Para calcularmos essa relação, é necessário aplicar em conjunto com o DLNM um modelo de probabilidade (GLM), como explicado anteriormente a

distribuição binomial negativa é a mais adequada para essa análise, compondo, portanto, o modelo final representado na equação abaixo:

$$Y_t \sim \text{Binomial Negativa} (\mu_t)$$

$$\text{Log}(Y_t) = \alpha + T(df; lag, df) + UR(df; lag, df) + P(df; lag, df) + MP_{10}(df; lag, df) + NS(tempo, df) + DS + Feriado$$

Onde:

Y_t = internamentos observados diários

t = dia

μ_t = internamentos diários esperados

α = intercepto

β = coeficiente para cada variável

T = matriz do cross-basis da temperatura média do ar

lag = dias de defasagem

df = graus de liberdade

UR = matriz do cross-basis da umidade relativa do ar

P = matriz do cross-basis da precipitação

MP_{10} = matriz do cross-basis do MP_{10}

NS = natural cubic splines

$Time$ = tempo de estudo - dias de 2003 a 2013

DS = dias da semana

$Feriado$ = feriados presentes em 2003 a 2013

Diversos parâmetros como o grau de liberdade adotados no *cross-basis*, assim como os *lag*, e *lag knots* devem ser especificados e ser explorados a partir de uma análise de sensibilidade, o melhor ajuste do modelo de acordo com os valores do *Log Likelihood*.

Como dito anteriormente, alguns fatores de confusão podem interferir nos resultados do desfecho, posto isso, adotamos a suavização pelo *natural cubic splines* para o tempo de estudo com 7 *df* (graus de liberdade) para cada ano (GASPARRINI; ARMSTRONG; KENWARD, 2010; ISLAM; CHAUSSALET; KOIZUMI, 2017) para controlar os efeitos de longo termo e sazonalidade, além disso, controlamos também os dias da semana e feriados como sendo variáveis categóricas.

Os *lags* máximos escolhidos para cada variável meteorológica e de poluição se baseou em diversos estudos (GASPARRINI; ARMSTRONG; KENWARD, 2010; DANG *et al.*, 2016; ISLAM; CHAUSSALET; KOIZUMI, 2017), para a temperatura média do ar foi considerado um *lag* de 28 dias, 8 dias para umidade relativa do ar e precipitação, e 1 dia para o MP_{10} sendo considerado como uma função linear diferente

das demais variáveis que utilizaram a função *NS*, por ser sempre considerado como controle importante e por representar efeitos mais imediatos na morbidade e mortalidade por doenças respiratórias.

Os valores dos *df*, bem como dos *lags knots* definidos no *cross-basis* de todas as variáveis foram definidos a partir da análise de sensibilidade e nos resultados baseados no critério de Akaike e *Log likelihood*. No modelo final, tanto os valores do *lags knots* quanto do grau de liberdade escolhido foi de 3 para todas as variáveis.

O modelo foi aplicado para o conjunto todo de dados, para analisar a relação dos internamentos por doenças respiratórias por sexo e as demais variáveis, foi utilizada a mesma estrutura do modelo final escolhido. Escolhemos não analisar as doenças por causa específica, como asma, por exemplo, por causa das poucas internações diárias que poderia afetar estatisticamente o modelo.

O risco relativo acumulado (RR) foi estimado com um intervalo de confiança (CI) de 95% para todas as variáveis.

Os pacotes DLNM (GASPARRINI, 2011) e MGCV foram utilizados para a análise estatística no software R e Rstudio.

4.6. Análise espacial

A representação das doenças e das características socioeconômicas da população por meio de mapas é uma das formas de análises fundamentais na área de Geografia da Saúde e/ou Médica, uma vez que a Cartografia das Doenças auxilia na identificação das possíveis situações de desigualdades e iniquidades sociais (BARROZO, 2014).

A partir disso, esta fase da pesquisa tem como objetivo a identificação do padrão espacial da relação entre os dados de internamentos e as variáveis que representam as condições socioeconômicas da população estudada, durante o período de 2006 a 2013.

Os anos 2006 a 2013, foram escolhidos por representarem o período dentro dos onze anos de estudo mais próximo dos dados e da base cartográfica dos setores censitários do Censo 2010 do IBGE.

A figura 7 ilustra o passo a passo dos dados, processos e metodologias adotados.

Figura 7: Fluxograma dos processos e etapas adotados na parte de análise espacial.
Organizado pela autora

Como se observa no fluxograma acima, duas etapas foram realizadas para a realização da análise espacial. A primeira etapa foi composta pela geocodificação dos internamentos, análise exploratória das variáveis, cálculo da Razão Padronizada dos Internamentos suavizada – RPIS e a construção do índice de privação. A segunda etapa consistiu em analisar a dependência espacial a partir de duas abordagens metodológicas (autocorrelação espacial e regressão espacial).

Os softwares utilizados na representação espacial cartográfica e análises de estatísticas espaciais foram: ArcGis 10.5, GeoDa, R, RStudio e Minitab 18.

Os mapas elaborados foram representados de acordo com a técnica coroplética e corocromática. Além disso, as bases cartográficas tiveram como sistema de coordenadas geográficas o Sistema de Referência para as Américas 2000 – SIRGAS 2000 e projeção - UTM zona 23S.

4.6.1. Geocodificação dos internamentos e análise exploratória

Para identificar a distribuição espacial das internações por doenças respiratórias em crianças de 0 a 9 anos de idade, foi necessário geocodificar todos os casos registrados de 2006 a 2013 a partir dos endereços dos CEP das residências. Para isso, foi utilizada a base cartográfica digital em formato *shapefile* dos CEP da Região Metropolitana de São Paulo disponibilizada pelo Centro de Estudos da Metrópole – CEM.

A geocodificação foi realizada a partir da ferramenta *Geocoding* do ArcGIS 10.5. Durante o período de análise, foram geocodificados 11456 casos. No processo de geocodificação, no entanto, foram encontrados problemas que impossibilitaram, georreferenciar alguns casos (<1,2% ao ano). Após a geocodificação, os casos de internações registradas foram agregados por setor censitário do Censo de 2010 do IBGE.

A análise exploratória das variáveis socioeconômicas do Censo de 2010 e das internações consistiu na elaboração de mapas temáticos no *software* ArcGis 10.5 para a visualização e identificação de como essas variáveis se distribuem no espaço. Foram desconsiderados os setores censitários que apresentaram menos de 5 (cinco) pessoas responsáveis e os setores que apresentavam dados faltantes.

A partir dos resultados da análise exploratória, foi possível construir um índice de privação sócio material.

4.6.2. Índice de privação

O Índice de Privação – IP é um indicador sócio material que pode ser elaborado de diversas maneiras, uma vez que usa dados do censo e procedimentos estatísticos simples (TESTI; IVALDI, 2009).

O método utilizado nesta pesquisa para o IP, foi o de Carstairs e Morris (1990), que se baseia na escolha de três variáveis que possam representar as condições econômicas, sociais e de habitação.

A partir da análise exploratória das diversas variáveis do Censo 2010, foram selecionadas três variáveis que representassem melhor as condições da população e que fosse relevante para a doença estudada.

As variáveis consideradas mais adequadas para a construção do índice de Privação Sócio Material foram:

- Porcentagem dos domicílios particulares permanentes com mais de 5 moradores;
- Porcentagem dos responsáveis com rendimento mensal de até um salário mínimo; e
- Taxa de analfabetismo (% de pessoas com 15 anos ou mais sem escolaridade)

O cálculo do IP é realizado a partir da transformação das variáveis selecionadas em Z-score (de medida 0 e variância 1), para depois somar os valores obtidos pelos Z-score de cada variável, de acordo com a fórmula abaixo:

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma x}$$

$$IP = Z_1 + Z_2 + Z_3$$

Onde:

Z_i = z-score da variável escolhida

x_i = valor da variável para cada setor censitário da área de estudo

$\bar{x}$ = média da variável de todos os setores censitários da área de estudo

σx = desvio padrão de todos os setores censitários da área de estudo

IP = Índice de Privação sócio material

Z_1 = z-score da variável 1

Z_2 = z-score da variável 2

Z_3 = z-score da variável 3

Os valores encontrados podem ser interpretados desta maneira: quanto mais alto o valor do índice maior é a privação sócio material, quanto mais baixos os valores, menor é a privação da população em uma área.

4.6.3. Razão Padronizada dos Internamentos

A Razão Padronizada dos Internamentos – RPI, assim como a Razão Padronizada da Mortalidade – RPM são medidas bastante utilizadas em estudos epidemiológicos (MARÍ-DELL’OLMO *et al.*, 2015; SANTANA *et al.*, 2015a, 2015b). O cálculo da RPI pelo método indireto foi desenvolvido em três etapas. No primeiro momento, calculou-se a Taxa de referência dos internamentos, após isso foi calculado a estimativa de casos esperados e por último a determinação da RPI a partir dos internamentos esperados e os observados (SANTANA, 2005). As fórmulas podem ser conferidas a seguir:

$$\text{Taxa de referência} = \frac{\text{total de casos observados}}{\text{total da população da área de estudo}}$$

$$\text{Casos esperados} = \text{população} * \text{Taxa de referência}$$

$$RPI = \frac{\text{total de casos observados}}{\text{total de casos esperados}} * 100$$

Como a razão padronizada depende do tamanho da população estudada, os valores estimados tendem a ser instáveis em algumas áreas com um menor número de pessoas, ou seja, áreas com maior variância (SANTANA *et al.*, 2015a).

Portanto, para controlar essa variabilidade/instabilidade na estimação da RPI e possíveis erros de geocodificação, optou-se por adotar o modelo hierárquico bayesiano proposto por (BESAG; YORK; MOLLIE, 1991) para se obter a RPI suavizada (RPIS) tendo como referência os estudos de (HOFFMANN *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2015b; ALMENDRA; SANTANA; VASCONCELOS, 2017).

Este modelo bayesiano leva em consideração dois efeitos aleatórios, sendo o primeiro o efeito espacial que se refere à autocorrelação espacial dos dados e o segundo é o efeito heterogêneo que se baseia na variabilidade não-espacial dos dados (HOFFMANN *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2015a).

Logo, a Razão Padronizada Suavizada - RPIS é calculada a partir de uma distribuição de probabilidade (distribuição de Poisson em log) que leva em consideração os casos observados, esperados e o efeito espacial. Aplicamos esse modelo tanto para o total das interações como separada por sexo, sendo realizado no programa RStudio por meio do pacote Integrated Nested Laplace Approximations – INLA desenvolvido por Rue; Martino e Chopin, (2007).

4.6.4. Autocorrelação espacial

A autocorrelação espacial mede a relação espacial das similaridades dos objetos em locais (vizinhos) e valores próximos no espaço, podendo ser aplicada a partir de indicadores.

O I de Moran global analisa toda a área estudada e fornece uma medida que avalia a associação linear entre o vetor dos valores observados e a média ponderada dos valores dos vizinhos (ANSELIN, 1996).

O I de Moran Global é calculado a partir da fórmula abaixo:

$$I = \frac{n \sum w_{ij} (z_i - \bar{z}) * (z_j - \bar{z})}{S_0 \sum i (z_i - \bar{z})^2}$$

$$S_0 = \sum_i \sum_j w_{ij}$$

Onde:

n = número de áreas

i e j = áreas

z_i = valor da variável considerada na área i

$\bar{z}$ = valor médio da variável na área de estudo

w_{ij} = matriz de vizinhança

z_j = valor da variável na área j

S₀ = agregado de peso espacial

O I de Moran fornece ainda valores de z-score e p-value que avalia a significância do índice. Quando o p-value é significativo e o z-score positivo significa

que há agrupamentos espaciais entre os valores altos e os baixos, o *p-value* significativo e o *z-score* de valor negativo representam que o padrão é disperso espacialmente, o padrão aleatório por sua vez é corresponde à não significância ($p > 0,05$).

Os Indicadores locais de associação espacial – LISA segundo Anselin (1995), decompõem os indicadores globais, atribuindo um valor específico para cada observação que indicará a existência de agrupamentos (*clusters*) altos e baixos significativos de valores similares ao seu redor. Com isso, a soma para todas as observações do LISA é proporcional ao I de Moran Global (ANSELIN, 1995). O cálculo do I de Moran local é representado por:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j$$

Onde:

i e j = áreas

z_i e z_j são os desvios em relação à média

w_{ij}= valor na matriz de vizinhança

Foi aplicado, por conseguinte, o I de Moran global e local para o índice de privação sócio material e para a RPIS total e por sexo para identificar os agrupamentos espaciais altos e baixos na área de estudo. Com o intuito de correlacionar o IP e as RPIS foi utilizado o Indicador Local Bivariado. O bivariado local é similar ao conceito do LISA, no entanto analisa a relação dos *cluster* de duas variáveis.

Portanto, foi calculado primeiramente o I de Moran global e local separadamente para o índice de privação e para cada RPIS, depois foi realizada a relação entre o índice de privação e as RPIS a partir do LISA bivariado.

Os parâmetros adotados para as análises da autocorrelação espacial no software ArcGIS 10.5 foram: o *Fixed distance band* como *Conceptualization of Spatial Relationships*, e distância euclidiana.

Além disso, com os resultados da autocorrelação espacial do índice de privação, das RPIS do total e por sexo, foi calculado o risco relativo das RPIS com base em tercís dos agrupamentos altos (tercil 1), baixos (tercil 2) e não significativos (tercil 3) do índice de privação, tendo como resultado o RR nas áreas de alta e baixa privação sócio material.

O I de Moran global e local foram realizados no software ArcGis 10.5 e o local bivariado no GeoDa, sendo a representação dos mapas feita no ArcGis 10.5.

4.6.5. Modelos de regressão – Mínimos Quadrados Ordinários - OLS e Regressão Geograficamente Ponderada – GWR

Além de avaliar a autocorrelação espacial a partir do I de Moran global, local e bivariado local, foi adotada mais uma forma de análise espacial para identificar a possível relação entre a variável dependente (RPIS) e a variável explicativa (índice de privação).

Nesta etapa, o modelo de regressão Mínimos Quadrados Ordinários – OLS (do inglês Ordinary Least Squares) e a Regressão Geograficamente Ponderada – GWR (do inglês Geographically Weighted Regression) foram utilizados para verificar a relação entre as variáveis e a dependência espacial.

O modelo de regressão OLS é uma ferramenta estatística que relaciona duas ou mais variáveis e procura encontrar o melhor ajuste dos dados minimizando a soma do quadrado dos resíduos, ou seja, esse modelo de regressão tenta minimizar a soma dos quadrados da diferença entre o valor observado (resíduo) e o estimado (GREENE, 2002).

O cálculo da regressão OLS foi realizado a partir do software GeoDa e adotou a matriz de peso espacial *queen*. A matriz de peso é utilizada para verificar a estrutura dos vizinhos, bem como a extensão e similaridade entre seus valores e localização (ANSELIN, 1996). A matriz de peso *queen* determina sua vizinhança a partir de unidades que compartilham sua borda ou ponto em comum (ANSELIN, 2005)..

Além disso, os valores das RPIS para esta etapa de análise foram transformados em log.

Nos resultados da regressão OLS, é possível avaliar a qualidade e o desempenho do modelo, bem como os valores diagnósticos dos diversos testes que verificam se o modelo é estatisticamente adequado para a análise do padrão espacial dos resíduos.

Os resultados estimados do desempenho e qualidade do modelo são representados pelo coeficiente de determinação R^2 , R^2 ajustado, soma dos quadrados

dos resíduos, *Log likelihood*, critério de Akaike, critério de Schwarz, como pode ser observado na figura 8.

```

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set           : RPI
Dependent Variable : NsRPI_n   Number of Observations: 1661
Mean dependent var : 3.94583   Number of Variables   : 2
S.D. dependent var : 1.19628   Degrees of Freedom    : 1659

R-squared          : 0.054986   F-statistic           : 96.5296
Adjusted R-squared : 0.054416   Prob(F-statistic)    : 3.49516e-022
Sum squared residual: 2246.35   Log likelihood        : -2607.57
Sigma-square       : 1.35404   Akaike info criterion : 5219.14
S.E. of regression : 1.16363   Schwarz criterion     : 5229.97
Sigma-square ML    : 1.35241
S.E of regression ML: 1.16293

```

Figura 8: Exemplo do sumário e desempenho de um modelo OLS

O coeficiente de determinação R^2 e o R^2 ajustado representam a qualidade do ajuste, ou seja, a capacidade que o modelo tem de explicar os dados observados, os valores de soma dos quadrados dos resíduos, σ^2 -, S.E. of regression, σ^2 – ML e S.E. of regression ML, no entanto, são valores da variância residual e a estimativa de erro padrão, com ajuste dos graus de liberdade (ANSELIN, 2005).

Para compararmos se um modelo é melhor que o outro, deve-se observar os valores do *Log likelihood* que quanto maior, melhor é o ajuste e os critérios de Akaike e Schwarz, que quanto menor, melhor é o ajuste (ANSELIN, 2005).

Os diagnósticos de multicolinearidade, normalidade dos erros, heterocedasticidade e de dependência espacial também fazem parte dos resultados do modelo de regressão (figura 9). Nesses diagnósticos, é preciso verificar alguns parâmetros e testes que permitem avaliar se o modelo é adequado e não apresenta problemas.

Os valores do diagnóstico de multicolinearidade de acordo com Anselin (2005), devem estar abaixo de 30, acima disso é indicado que as variáveis explicativas são multicolineares, sendo necessário uma melhor avaliação/escolha dessas variáveis.

O diagnóstico de normalidade dos erros por sua vez é representado pelo teste de Jarque-Bera, se o resultado deste teste mostrar um valor de probabilidade significativo ($<0,05$) rejeitamos a hipótese nula (ANSELIN, 2005). Com a rejeição da hipótese nula, é possível saber que os resíduos não possuem uma distribuição normal, a não normalidade, muitas vezes, está relacionada à forte heterocedasticidade (ANSELIN, 2005).

Já o diagnóstico de heterocedasticidade, é feito a partir dos testes de Breusch-Pagan e Koenker-Bassett que verifica a hipótese nula (variância constante entre os resíduos - homocedasticidade). A probabilidade significativa representa a rejeição da hipótese nula, indicando assim, um problema de heterocedasticidade. O teste de White também aponta um diagnóstico de heterocedasticidade (ANSELIN, 2005).

A dependência espacial dos resíduos, por fim, é o último diagnóstico apresentado pelo modelo e também é a parte que mostra uma alternativa se o modelo apresentar problemas de normalidade e heterocedasticidade por meio dos testes multiplicadores de Langrange - LM (*lag* e erro), os Robustos de LM *lag* (Modelo de regressão de *lag* espacial) e o LM error (modelo de regressão de erro espacial).

```

REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER    1.003977
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST          DF          VALUE          PROB
Jarque-Bera      2          26.8398          0.00000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST          DF          VALUE          PROB
Breusch-Pagan test  1          144.4938          0.00000
Koenker-Bassett test  1          156.6965          0.00000
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST          DF          VALUE          PROB
White          2          161.3405          0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : queen
(row-standardized weights)
TEST          MI/DF          VALUE          PROB
Moran's I (error)  -0.0091          -0.5165          0.60550
Lagrange Multiplier (lag)  1           0.0536          0.81684
Robust LM (lag)      1          18.0057          0.00002
Lagrange Multiplier (error)  1           0.3293          0.56607
Robust LM (error)    1          18.2813          0.00002
Lagrange Multiplier (SARMA)  2          18.3350          0.00010
===== END OF REPORT =====

```

Figura 9: Diagnósticos de um modelo de regressão OLS

A escolha de uma alternativa de regressão espacial para os dados leva em conta a significância da probabilidade dos testes LM que consideram a dependência espacial, e o robusto LM que escolhe qual dependência deve ser adotada.

O LM mais significativo indica a alternativa, no entanto quando os dois testes (*lag* e o de erro) são significativos e iguais (se forem diferentes e significativos escolher o robusto mais significativo) é necessário rodar os dois modelos e avaliar qual possui o melhor desempenho e diagnóstico (ANSELIN, 2005). Quando nenhum LM é significativo consideram-se os resultados da regressão OLS clássica.

A significância do I de Moran (probabilidade menor que 0,05) representa problemas na autocorrelação espacial.

A figura 10 apresenta o que deve ser considerado na análise e interpretação dos resultados do modelo, que deve ser avaliado a partir do desempenho do modelo e seus resultados.

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	: RPI			
Dependent Variable	: NsRPI_n	Number of Observations	: 1661	
Mean dependent var	: 3.94583	Number of Variables	: 2	
S.D. dependent var	: 1.19628	Degrees of Freedom	: 1659	
R-squared	: 0.054986	F-statistic	: 96.5296	
Adjusted R-squared	: 0.054416	Prob(F-statistic)	: 3.49516e-022	
Sum squared residual	: 2246.35	Log likelihood	: -2607.57	
Sigma-square	: 1.35404	Akaike info criterion	: 5219.14	
S.E. of regression	: 1.16363	Schwarz criterion	: 5229.97	
Sigma-square ML	: 1.35241			
S.E. of regression ML	: 1.16293			
1 - Ajuste e desempenho do modelo - comparação				
Variable	Coefficient	Std.Error	t-Statistic	Probability
CONSTANT	3.94471	0.0285518	138.16	0.00000
indice_pri	0.114357	0.0116394	9.82495	0.00000
REGRESSION DIAGNOSTICS				
2- multicolinearidade				
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER	1.003977			
TEST ON NORMALITY OF ERRORS				
TEST	DF	VALUE	PROB	3 - normalidade
Jarque-Bera	2	26.8398	0.00000	
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY				
RANDOM COEFFICIENTS				
TEST	DF	VALUE	PROB	
Breusch-Pagan test	1	144.4938	0.00000	
Koenker-Bassett test	1	156.6965	0.00000	
SPECIFICATION ROBUST TEST				
TEST	DF	VALUE	PROB	4 - heterocedasticidade
White	2	161.3405	0.00000	
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE				
FOR WEIGHT MATRIX : queen				
(row-standardized weights)				
TEST	MI/DF	VALUE	PROB	5- dependência espacial e alternativa
Moran's I (error)	-0.0091	-0.5165	0.60550	
Lagrange Multiplier (lag)	1	0.0536	0.81684	
Robust LM (lag)	1	18.0057	0.00002	
Lagrange Multiplier (error)	1	0.3293	0.56607	
Robust LM (error)	1	18.2813	0.00002	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	18.3350	0.00010	
===== END OF REPORT =====				

Figura 10: Exemplo das etapas de interpretação dos resultados de um modelo de regressão OLS clássica

Quando o problema de heterocedasticidade ocorrer nos modelos OLS, o *lag* espacial e o de erro espacial é sugerida a aplicação do modelo Regressão Geograficamente Ponderada – GWR que também considera a análise dos resíduos.

A Regressão Geograficamente Ponderada ajusta o modelo de regressão para cada unidade de análise, considerando as demais observações (vizinhos) com uma função de distância (kernel), o GWR, portanto, analisa fenômenos com diferentes níveis de heterogeneidade espacial (FOTHERINGHAM, STEWART A; BRUNSDSON, CHRIS; CHARLTON, 2007).

A função kernel pode ser fixa ou adaptativa, para esta pesquisa adotamos a adaptativa. Os critérios de Akaike e o coeficiente de determinação também fazem parte dos resultados do ajuste e desempenho do modelo servindo de comparação com os demais.

A análise dos resíduos neste modelo de regressão é realizada a partir do I de Moran, o resultado de *p-value* menor que 0,05 indica que existe um padrão espacial dos resíduos e, portanto, a variável independente não é suficiente para explicar a sua relação com a variável dependente no espaço.

A identificação e análise dos resultados do GWR foi representada a partir de tabelas e mapas do R^2 , das RPIS preditas e dos resíduos.

O software utilizado para o modelo GWR foi o ArcGIS 10.5.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Descritiva

Na área de estudo registrou-se um total de 17517 internações em crianças de 0 a 9 anos de idade por doenças respiratórias ao longo do período de 2003 a 2013, havendo mais de 1460 internamentos por ano.

A figura 11 mostra que o ano de 2003 apresentou o maior número de internações hospitalares (1816), seguido pelo ano de 2009 com 1737. Por sua vez, o ano de 2012 teve o menor número (1429).

Figura 11: Variação anual das internações na área de estudo no período de 2003 a 2013.

Fonte: DATASUS (2014)

Organizado pela autora.

É possível perceber na figura 12 que os meses de março, abril e maio, registraram o maior número de internações, enquanto dezembro e janeiro registraram as menores ocorrências.

Abril foi considerado o mês com maior número de internações (2188 casos), seguido por maio (1926 casos) e março (1895 casos). Em contrapartida, janeiro foi o mês com menos internamentos, apenas 727 casos.

Figura 12: Gráfico da variação mensal das internações na área de estudo, no período de 2003 a 2013.

Fonte: DATASUS (2014)
Organizado pela autora.

A tabela 4 apresenta as medidas descritivas dos internamentos mensais, tais como a média, mediana, desvio padrão, o valor máximo e o valor mínimo do número de casos registrados. A média varia de 66,1 em janeiro até 198,9 em abril. Os menores desvios padrão podem ser observados nos meses de outubro, novembro e fevereiro.

O número máximo de internamentos mensais ocorreu em abril, com 274 casos, e o valor mínimo em janeiro, com 38 casos. Também é possível perceber que os números elevados de internamentos aconteceram no período entre março e agosto.

Tabela 4: Medidas descritivas dos internamentos por mês na área de estudo, no de 2003 a 2013.

MESES	TOTAL	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO	MÁXIMO	MÍNIMO
JAN	727	66,1	64	17,9	103	38
FEV	1070	97,3	93	13,7	126	78
MAR	1895	172,3	171	25,7	213	124
ABR	2188	198,9	193	31,3	274	140
MAI	1926	175,1	171	21,6	223	145
JUN	1565	142,3	147	23,5	186	102
JUL	1516	137,8	139	21,7	183	114
AGO	1626	147,8	144	22,3	202	119
SET	1364	124,0	121	23,5	172	94
OUT	1434	130,4	126	15,9	165	104
NOV	1222	111,1	112	15,1	134	87
DEZ	984	89,5	79	20,4	136	67

Fonte: DATASUS (2014)
Organizado pela autora

As internações separadas por sexo (figura 13) demonstram um maior número de casos entre as crianças do sexo masculino com 54% do total (9446 casos), se comparados com as do sexo feminino com 46% do total (8071 casos) das internações.

Figura 13: Gráfico da porcentagem de internamentos registrados por sexo na área de estudo, no período de 2003 a 2013.
Fonte: DATASUS (2014)
Organizado pela autora

Ao longo dos anos, de maneira geral, os internamentos por doenças respiratórias são maiores nas crianças do sexo masculino, com exceção do ano de 2003, no qual o número total de internamentos de crianças do sexo feminino foi superior (figura 14).

Figura 14: Gráfico da variação anual dos internamentos por sexo na área de estudo, no período de 2003 a 2013.
Fonte: DATASUS (2014)
Organizado pela autora.

De acordo com os autores Choi (2011), Muenchhoff e Goulder (2014) as pessoas do sexo masculino têm maior prevalência dentre os casos de doenças respiratórias se comparadas com as do sexo feminino durante a infância. Todavia, este cenário pode se alterar na adolescência quando as mulheres passam, portanto, a ter maior prevalência por doenças do aparelho respiratório, principalmente por asma.

As crianças do sexo masculino podem ser mais suscetíveis às doenças respiratórias por apresentarem diferenças na dimensão das vias aéreas, bem como na função pulmonar e imunológica (BECKLAKE; KAUFFMANN, 1999). No entanto, não há consenso na literatura sobre as causas da maior ou menor vulnerabilidade entre os sexos, sendo necessário considerar diversos fatores ambientais, socioeconômicos e estilo de vida da população.

Na tabela 5, é possível visualizar o total dos internamentos a partir da classificação códigos da CID-10. Mais do que a metade dos internamentos estão ligados à influenza e pneumonia (56,36%) e às doenças crônicas das vias aéreas inferiores, como asma e bronquite (24,43%).

Tabela 5: Total de internamentos por causa específica de acordo com a CID-10 no período de 2003 a 2013.

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	SOMA	%
J00-J06	infecções agudas do trato respiratório superior	639	3,65
J09-J19	Influenza (gripe) e pneumonia	9872	56,36
J20-J22	Outras doenças respiratórias agudas das vias aéreas inferiores	2720	15,53
J30-J39	Outras doenças do trato respiratório superior	7	0,04
J40-J47	Doenças crônicas das vias aéreas inferiores	4279	24,43
TOTAL		17517	100

Fonte: DATASUS (2014)
Organizado pela autora

5.1.1. Análise descritiva dos atributos climáticos, conforto térmico, poluição e das internações

A partir da análise descritiva das internações foi possível perceber que a distribuição dos casos, ao longo dos meses do período de estudo, possui uma influência da sazonalidade. Levando isso em consideração, a figura 15 ilustra as internações hospitalares de acordo com as estações do ano. Nota-se que o outono

(5980) possui o maior número de casos, seguido pelo inverno (4689), primavera (3722) e verão (3126).

Tanto o outono quanto o inverno são estações que se caracterizam por ter temperaturas mais frias e o ar mais seco principalmente nos meses de julho a agosto. Essas condições de tempo, juntamente com alta concentração de poluentes na atmosfera, tornam o ambiente favorável à propagação de vírus como o da Influenza (gripe), bactérias e alérgenos, aumentando a ocorrência de casos como pneumonia e agravando as doenças respiratórias crônicas como a asma (TANG, 2009).

Figura 15: Gráfico dos internamentos por estação do ano na área de estudo no período de 2003 a 2013.

Fonte: DATASUS (2014)
Organizado pela autora.

A tabela 6 representa a análise estatística descritiva das variáveis meteorológicas, dos internamentos totais e por sexo, dos índices de conforto térmico e do poluente MP_{10} .

O valor máximo de internações registradas em um dia foi de 17 casos, sendo 11 ocorrências para o sexo feminino e 10 para o sexo masculino. A médias das internações variam de 4,4 para o total analisado e de 2 para ambos os sexos. De certa forma, os valores das medidas descritivas dos internamentos referentes ao sexo masculino e ao sexo feminino são parecidos, havendo pouca variação entre os valores máximos, médias e desvio padrão.

A precipitação tem aproximadamente 85% dos seus dados dentro do intervalo 0 mm a 10 mm, onde 75% possui valor igual a 0,0 mm, sendo que o máximo de chuva acumulado em 24h foi de 140,4 mm.

Tabela 6: Medidas descritivas das variáveis meteorológicas, de internamentos, conforto térmico e poluição do ar no período de 2003 a 2013.

Variável	Mediana	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	1ºQ	3ºQ
Internamentos	4	4,4	17	0	2,6	2	6
Internamentos sexo masculino	2	2,3	10	0	1,7	1	3
Internamentos sexo feminino	2	2,0	11	0	1,6	1	3
Precipitação (mm)	0	4,6	140,4	0	11,7	0	2,3
Temperatura Média do ar (°C)	21,1	20,9	29	7,1	3,3	18,7	23,5
Temperatura Mínima do ar (°C)	16,7	16,4	24,3	5,2	3,2	14,3	18,9
Temperatura Máxima do ar (°C)	26,4	26,1	36,6	8,5	4,3	23,1	29,3
Amplitude Térmica (°C)	9,6	9,6	21,3	0,2	3,1	7,4	11,9
Umidade Relativa (%)	75,3	73,6	98,3	28	11,6	67	81,8
TE (°C)	19,9	19,7	26,6	7,3	2,9	17,8	22
Tev (°C)	14,9	14,5	25,1	-5,8	4,5	11,7	17,9
MP ₁₀ (µg/m³)	33,6	38,2	185,4	5,8	20,2	23,7	47,5

Fonte: DATASUS (2014), INMET (2014) e CETESB (2014)
Organizado pela autora.

Como pode-se perceber na tabela, a temperatura média do ar variou entre os valores de 29°C a 7,1°C, durante os anos estudados. Ao passo que a temperatura máxima do ar teve um mínimo de 8,5°C e máximo de 36,6°C e a temperatura mínima do ar registrou valores entre 5,2°C e 24,3°C.

A temperatura do ar é o atributo climático mais relacionado com as internações e com a mortalidade por doenças respiratórias, como citado anteriormente. Uma vez que as mudanças bruscas de tempo, eventos extremos e a alta amplitude térmica durante um dia podem influenciar no sistema termorregulador do corpo.

Do mesmo modo, é possível observar que a umidade relativa do ar, ao longo do período de análise, apresentou uma média de 76,6%, um valor máximo de 98,3% e mínimo de 28%.

Tanto a elevada umidade relativa do ar quanto a baixa umidade relativa do ar também podem influenciar no equilíbrio e funcionamento do organismo humano. Os altos valores de umidade relativa do ar, por exemplo, podem contribuir para o estresse térmico do corpo do homem, ou seja, quanto mais próximo o ar se encontra em sua quantidade máxima de vapor d'água (saturação), menor é a capacidade de eliminação da energia térmica pelo organismo, causando assim, estresse no corpo (FROTA; SCHIFFER, 2001).

Segundo a OMS, valores de umidade relativa entre 30 e 50% são níveis ideais para a saúde humana, os valores acima de 65% podem contribuir principalmente para

o aumento de alergias, asma e doenças respiratórias do trato superior. Já os valores abaixo de 20%, representam estados de alerta e emergência (WHO, 2009).

Os índices de conforto térmico TE e TEv foram construídos a partir dos valores de temperatura, umidade relativa do ar e vento, apresentaram valores de desvio padrão de 2,9 e 4,5 respectivamente, sendo seus máximos de 26,6 °C e 25,1°C e mínimos de 7,3°C e -5,8°C.

O poluente MP₁₀ teve uma média de 3,2, desvio padrão de 20,2, um valor máximo de 185,4 (µg/m³) e mínimo de 5,8 (µg/m³). Considerando que a medida máxima de MP₁₀, de acordo com o índice de qualidade do ar apresentado pela CETESB, é considerado como muito ruim (N4). A sua distribuição ao longo dos anos é ilustrada na figura 16.

A variação do poluente MP₁₀ apresenta uma sazonalidade temporal ao longo dos meses do ano, tendo períodos com maiores e menores concentrações na atmosfera. O ano de 2003 apresentou o maior pico de poluição do ar, chegando a valores maiores do que 140 µg/m³. Nos anos seguintes, a concentração do MP₁₀ foi menor, com valores máximos entorno de 110/120 µg/m³.

Figura 16: Variação temporal do poluente MP₁₀ no período de 2003 a 2013.
Fonte: CETESB (2014)
Organizado pela autora.

Na figura 17, é possível notar a tendência da taxa de incidência, umidade relativa do ar, precipitação e temperaturas médias, máximas e mínimas do ar, podendo perceber a sazonalidade das variáveis ao longo dos meses e anos de estudo.

Figura 17: Variabilidade da precipitação, temperatura mínima, média e máxima e do ar, umidade relativa do ar e da taxa de incidência ao longo dos meses (1 a 12) para o período de 2003 a 2013

Fonte: INMET (2014) e DATASUS (2014)

Organizado pela autora.

5.2. Análise Temporal: Modelo Linear Generalizado para o período de 2003 a 2013

O modelo final escolhido seguiu os três critérios estabelecidos na metodologia, ficando apenas os fatores dos anos, estação do ano e as variáveis de temperatura média do ar, umidade relativa do ar, precipitação e poluição atmosférica (MP₁₀).

No entanto, as demais variáveis como temperatura mínima ou máxima do ar, amplitude térmica e os índices de conforto não entraram no modelo final pelo fator da multicolinearidade, ou não foram significativos e/ou pioraram o desempenho do modelo (método de Akaike).

As temperaturas mínimas e máximas, amplitude térmica e os índices de conforto, por exemplo, interferiam na multicolinearidade.

A tabela 7 apresenta os resultados do modelo final referente ao período de 2003 a 2013, pode-se observar o risco relativo estimado para cada fator e variável, além de apresentar os intervalos de confiança de 95% e o valor de p.

Tabela 7: Parâmetros estimados para o GLM de distribuição Binomial Negativa para o período de 2003 a 2013

Variáveis	Risco Relativo	IC (inferior)	IC (superior)	Valor de p
Intercepto	1,607	1,277	2,022	<0,001
2004	0,884	0,826	0,947	<0,001
2005	0,903	0,843	0,968	0,02
2006	1,009	0,944	1,079	0,82
2007	0,959	0,897	1,026	0,31
2008	0,882	0,824	0,945	<0,001
2009	1,010	0,945	1,081	0,80
2010	0,948	0,886	1,014	0,19
2011	0,877	0,819	0,939	<0,001
2012	0,831	0,775	0,891	<0,001
2013	0,908	0,847	0,973	0,22
Outono	1,902	1,812	1,995	<0,001
Inverno	1,494	1,409	1,584	<0,001
Primavera	1,223	1,167	1,282	<0,001
Temperatura Média do ar	1,016	1,010	1,022	<0,001
Umidade Relativa do ar	1,004	1,002	1,005	<0,001
MP ₁₀	1,003	1,002	1,004	0,010
Precipitação	1,001	0,999	1,002	0,2

Fonte: DATASUS (2014), INMET (2014) e CETESB (2014)
Organizado pela autora.

O modelo final precisa de níveis de referência com um coeficiente igual a um, isso quer dizer que para compararmos os fatores ano e sazonalidade entre si é preciso escolher dois níveis para estimação e comparação, neste caso o ano de 2003 e o verão são os níveis de referência.

A partir disso, os resultados referentes ao fator ano demonstraram que somente os anos de 2004, 2005, 2008, 2011 e 2012 foram significativos e representaram baixo risco relativo se comparado com o ano de 2003. Os anos de 2006 (0,9%) e 2009 (1%), no entanto apresentaram uma tendência para o aumento do número esperado de internações diárias por doenças respiratórias em crianças de 0 a 9 anos de idade se comparado com o ano de 2003. Na análise descritiva realizada anteriormente, também foi possível identificar que o ano de 2003 foi o que registrou maior número de internamentos, portanto foi o ano de maior risco para a população estudada.

Ao que se refere à sazonalidade também, podemos verificar que o risco relativo do outono (1,902) se comparado com o verão é de 90%, ou seja, as internações diárias por doenças respiratórias aumentam em 90% no mês de outono. Nos meses de inverno o RR encontrado foi de 49% (1,494) e na primavera 22% (1,223).

As variáveis meteorológicas que ficaram no modelo foram significativas. Se mantivermos as variáveis fixas, pode-se dizer que as internações diárias aumentam em 1,6% (RR = 1,016) a partir do acréscimo de 1°C da temperatura média do ar.

A umidade relativa do ar e o poluente MP₁₀ também contribuem para o aumento dos internamentos, sendo que a cada acréscimo de 1% da UR aumenta o risco em 0,04% (1,004) e a cada adição de 1 unidade de material particulado o RR é maior (RR = 1,003; 0,03%).

A precipitação não foi significativa (1,001) neste modelo, apesar de ser um fator importante para a ocorrência de doenças respiratórias.

A figura 18 demonstra o risco relativo para cada variável meteorológica, destacando a maior influência da temperatura média do ar nas internações diárias.

Figura 18: *Boxplot* do risco relativo referente a temperatura média do ar, umidade relativa e do poluente MP₁₀ durante o período de 2003 a 2013.
Organizado pela autora.

Os eventos extremos que ocorrem ao longo dos anos de acordo com alguns estudos (XU *et al.*, 2013; SHERBAKOV *et al.*, 2018) podem influenciar na mortalidade e nos internamentos por doenças respiratórias. Partindo deste princípio, selecionamos dois anos extremos de temperatura (2004 e 2005) para entender se as condições da dinâmica climática e de tempo que aconteceram naqueles anos influenciaram no desfecho final, ou seja, se risco relativo foi mais ou menos significativo de acordo com as variáveis atuantes e escolhidas pelo modelo.

5.2.1. Ano padrão extremo mais frio (2004)

O ano de 2004 foi classificado como sendo um ano que apresentou o outono e o inverno mais frio de toda a série histórica de estudo. Aplicamos o modelo GLM de distribuição Binomial Negativa para compreender melhor quais variáveis meteorológicas, índice de conforto e a poluição do ar para relacionar com os internamentos.

As variáveis que se adequaram aos critérios estabelecidos anteriormente e se ajustaram melhor no modelo foram: temperatura mínima do ar, MP₁₀ e o índice de conforto de Temperatura Efetiva com vento.

O outono é a estação com o maior risco relativo (1,759) com limite superior de 2,034. As estações do inverno e primavera se comparadas com o verão também

mostram o aumento dos internamentos com um risco de 1,343 e 1,307, respectivamente (tabela 8).

Tabela 8: Parâmetros estimados para o GLM de distribuição Binomial Negativa para o ano padrão extremo de 2004

Variáveis	Risco Relativo	IC (inferior)	IC (superior)	Valor de p
Intercepto	1,811	1,233	2,653	0,011
Outono	1,759	1,523	2,034	<0,001
Inverno	1,343	1,122	1,609	0,007
Primavera	1,307	1,132	1,509	0,002
Temperatura Mínima do ar	1,051	1,020	1,083	0,007
MP ₁₀	1,004	1,000	1,008	0,096
Tev	0,971	0,950	0,991	0,02

Fonte: DATASUS (2014), INMET (2014) e CETESB (2014)
Organizado pela autora.

Somente a variável de poluição atmosférica não foi significativa, mas mostrou uma tendência de aumento dos internamentos com o acréscimo de 1 unidade de MP₁₀.

Com o acréscimo de 1°C da temperatura mínima do ar, o risco relativo é 5,1% maior (1,051), já a variável Tev mostra que a cada 1°C a mais o RR é menor 2,9% (0,971).

A representação dos RR para cada variável meteorológica e de conforto térmico são representados na figura 19, onde o aumento das internações ou o maior risco relativo estão relacionados a temperatura mínima do ar e MP₁₀.

Figura 19: Boxplot do risco relativo referente a temperatura mínima do ar, Tev e do poluente MP₁₀ no ano extremo de 2004.
Organizado pela autora.

A figura 20 representa graficamente a distribuição ao longo dos meses, as variáveis de taxa de internação, umidade relativa do ar, precipitação e temperaturas médias, máximas e mínimas.

Figura 20: Variabilidade da precipitação, temperatura mínima, média e máxima e do ar, umidade relativa do ar e da taxa de incidência ao longo dos meses (1 a 12) para o ano de 2004.

Fonte: INMET (2014) e DATASUS (2014)
Organizado pela autora.

No ano de 2004, a taxa de incidência variou de 16,4% a 5,6%, sendo que os meses com as maiores taxas foram abril e maio.

O valor médio mensal mais elevado da temperatura máxima do ar foi 28,8°C, enquanto o da temperatura média do ar foi 22,2°C e o da temperatura mínima do ar 18,4°C. Os menores valores encontrados para esta variável climática foram 14,2°C, 16,6°C, 21,2°C para a temperatura mínima, média e máxima do ar, respectivamente. Setembro foi o mês que apresentou as temperaturas mais elevadas se comparado com os demais.

A umidade relativa do ar, ao longo do ano de 2004 atingiu seu mínimo em setembro (64%) e máximo em janeiro (81,6%). As chuvas, por sua vez, foram mais intensas nos meses de janeiro e fevereiro (284,5 mm e 335,6mm), sendo que a menor precipitação registrada foi no mês de agosto com apenas 2,7 mm.

5.2.2. Ano padrão extremo mais quente (2005)

O ano padrão extremo de 2005 foi considerado como sendo o mais quente do período de estudo (2003 a 2013).

Assim como nas análises anteriores, o outono continua sendo a estação de maior risco relativo, seguido pelo inverno e primavera. No entanto, o RR no outono (RR = 2,227) é o maior registrado se comparado com a análise de todos os anos e também se comparado com o ano padrão extremo de 2004 (tabela 9).

Tabela 9: Parâmetros estimados para o GLM de distribuição Binomial Negativa para o ano padrão extremo de 2005.

Variáveis	Risco Relativo	IC (inferior)	IC (superior)	Valor de p
Intercepto	2,098	1,068	4,119	0,07
Outono	2,227	1,940	2,561	<0,001
Inverno	1,809	1,526	2,145	<0,001
Primavera	1,410	1,215	1,637	<0,001
Umidade Relativa	0,996	0,991	1,000	0,13
TE	1,026	1,004	1,048	0,05
Precipitação	1,004	1,000	1,007	0,05

Fonte: DATASUS (2014) e INMET (2014)
Organizado pela autora.

A cada 1% a mais de umidade relativa do ar, as interações diminuem, no entanto não se mostrou significativa. A precipitação apenas foi considerada como uma variável explicativa neste modelo e mostrou que a cada de 1 mm a mais, o número

esperado de internações aumenta 0,4% (RR = 1,004). O índice de conforto térmico TE é outra variável que com o aumento de 1°C representa o aumento das internações em 2,6%.

A figura 21 mostra o risco relativo referente à umidade relativa do ar, TE e precipitação.

Figure 21: *Boxplot* do risco relativo referente a umidade relativa do ar, TE e da precipitação no ano extremo de 2005.
Organizado pela autora.

Na figura 22 pode-se notar por meio de gráficos a distribuição ao longo dos meses das variáveis de taxa de internação, umidade relativa do ar, precipitação e temperaturas médias, máximas e mínimas.

O ano extremo de 2005 registrou altas taxas de incidência nos meses de abril (17,2%) e maio (18%). O período mais quente do ano foi durante os meses de fevereiro e março, nesses meses a temperatura máxima mensal atingiu valores de 28,2°C e 27,7°C, respectivamente. Por outro lado, o menor valor de temperatura mínima do ar foi registrado no mês de julho (13°C).

A umidade relativa do ar variou entre 64,1% a 78,1%, sendo que agosto foi o mês que registrou o valor médio mensal mais baixo se comparado com os demais. Os meses do inverno, como esperado, apresentaram os menores volumes de precipitação ao longo do ano de 2005, sendo o mês de janeiro (312,1 mm) o mais chuvoso da série.

Figure 22: Variabilidade da precipitação, temperatura mínima, média e máxima e do ar, umidade relativa do ar e da taxa de incidência ao longo dos meses (1 a 12) para o ano de 2005.

Fonte: INMET (2014) e DATASUS (2014)

Organizado pela autora.

Apenas a aplicação do modelo GLM de distribuição binomial negativa nos mostra resultados mais simples da relação entre as variáveis meteorológicas, de conforto térmico, de poluição e os internamentos diários ao longo do período de 2003 a 2013, de anos específicos e durante as estações do ano.

Portanto, para conhecermos melhor como as variáveis se relacionam ao longo do tempo, adotamos o modelo não linear - DLNM que em conjunto com o GLM é capaz de relacionar os internamentos e sua defasagem (*lag*) com as variáveis ambientais e apresentar resultados do maior ou menor risco relativo da população estudada. Os resultados deste modelo podem explicar a partir de qual momento e condição específica (a partir de determinada temperatura média do ar, por exemplo) que os internamentos das crianças representam riscos mais elevados.

Por ser um pouco mais complexo e também por ter maior representatividade (mais dados) resolvemos apenas aplicar o modelo DLNM para o período completo de estudo, ou seja, para os anos de 2003 a 2013, e não para apenas anos separados, como é o caso dos anos extremos. Além disso, analisaremos as internações totais e por sexo.

5.3. Análise temporal: Distributed Lag Non-linear Models – DLNM

O modelo final foi composto pelas variáveis meteorológicas de temperatura média do ar com no máximo 28 dias de defasagem, umidade relativa do ar e precipitação com no máximo 8 dias e como variável de poluição atmosférica o poluente MP₁₀ que assumiu uma função linear de apenas 1 dia de defasagem.

Em vista disso, para entendermos melhor como as variáveis meteorológicas e de poluição atmosférica podem aumentar ou diminuir o risco de internamentos por doenças respiratórias em crianças de 0 a 9 anos ao longo do tempo, foram feitas a seguir uma análise dos resultados da defasagem e dos intervalos dos valores de temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação e poluição do ar.

A figura 23 ilustra os gráficos do risco relativo acumulado referente às temperaturas médias do ar nos *lags* 0-5 dias, 0-15 dias, 0-25 dias e *lag* máximo de 0-28 dias para o total das internações e também para cada sexo. Os intervalos de confiança foram calculados com 95% e estão representados pela faixa em cinza, as linhas em preto mostram o risco relativo para o total das internações, as linhas em vermelho para o sexo feminino e as em verde o RR para o sexo masculino. Além disso, para a representação gráfica dos resultados, é necessário adotar o valor da média ou mediana como parâmetro, sendo que para a temperatura média do ar foi utilizado a mediana como referência (21,1°C).

Figure 23: Relação entre a temperatura média do ar nos *lags* 0-5, 0-15, 0-25 e 0-28 (mediana como referência de 21,1°C e 95% de intervalo de confiança), e as internações totais e por sexo no período de 2003 a 2013.

Organizado pela autora.

Portanto, a partir da figura 23, nota-se que apesar das reduzidas temperaturas contribuírem para diminuição da capacidade e função pulmonar e facilitar a propagação de diversos vírus, bactérias e alérgenos (XU *et al.*, 2012; HANNA; TAIT, 2015), não foram encontrados resultados neste estudo que mostrassem que as

temperaturas médias abaixo de 15°C representassem um fator de alto risco para população estudada.

Também é possível perceber que existe uma tendência de alto RR acumulado nas temperaturas mais elevadas (>26°C) para as crianças do sexo feminino desde os primeiros dias de defasagem, tendo um aumento expressivo do risco relativo nos últimos dias de defasagem (*lag* 0-25 e *lag* 0-28).

A ocorrência de temperaturas elevadas em determinadas condições podem contribuir para que o nervo sensorial da fibra-C pulmonar reduza a passagem de ar nas vias aéreas (broncoconstrição) e cause maiores riscos de internamentos e mortalidade por doenças respiratórias (HAYES *et al.*, 2012).

No entanto, os resultados significativos que representam alto RR, foram observados apenas para o total das internações entre as temperaturas intermédias de 17,5°C a 21°C, sendo mais evidente a partir dos 25 dias de defasagem. Do mesmo modo, os sexos feminino e masculino também apresentaram neste intervalo de temperaturas médias um maior risco para a ocorrência dos internamentos, no entanto não foram estatisticamente significativos.

O valor do RR significativo mais elevado foi encontrado na temperatura de 18°C (RR = 1,174; IC = 1,017:1,363). Esses valores intermédios de temperatura média do ar são observados com maior frequência no outono e inverno, a variação da temperatura do ar nesta estação é influenciada pela passagem dos sistemas frontais que causam instabilidade e nebulosidade contribuindo para a queda rápida da temperatura (MONTEIRO, 1969; GALVANI; AZEVEDO, 2012).

Diversas contribuições científicas (MUGGEO; HAJAT, 2009; O' LENICK *et al.*, 2017b), apontam que as temperaturas mais reduzidas possuem um efeito de exposição mais prolongada e as elevadas temperaturas um efeito curto e mais imediato, divergindo dos resultados encontrados neste estudo. No entanto, as pesquisas não possuem um consenso entre os limites de temperaturas do ar e de defasagem que podem contribuir para o maior risco (XU *et al.*, 2013). Essa diversidade de resultados se deve justamente pela variabilidade climática de cada lugar, além disso a maioria das pesquisas que adotam esse método foram realizadas em sua maioria em climas temperados ou subtropicais.

Para um melhor entendimento da relação entre os atributos climáticos e as internações (figura 24), o risco relativo acumulado também foi calculado para quatro

intervalos representados pelos percentis 25 (18,7°C), 75 (23,5°C), 90 (25,2°C) e 99 (27,4°C).

Figure 24: Risco relativo acumulado e estrutura de defasagem para os efeitos da temperatura média do ar nos percentis 25 (18,7°C), 75 (23,5°C), 90 (25,2°C) e 99 (27,4°C) para o total de internamento e por sexo com intervalo de confiança de 95%.

O percentil 25 corresponde à temperatura média do ar de 18,7°C, que se distribui pelos dias de defasagem de maneira similar entre os desfechos estudados,

sendo significativa apenas para o total de internamentos no *lag* de 25 dias (RR: 1,128) a 28 dias (RR: 1,160).

A temperatura média de 23,5°C é significativa para o total de internamentos e para o sexo masculino, indicando que determinado período de defasagem apresenta um risco relativo baixo, ou seja, exerce um efeito protetor.

As elevadas temperaturas médias representadas pelo percentil 99 têm uma tendência de alto risco para as crianças do sexo feminino, como foi observado anteriormente, mas não é significativo no intervalo de confiança de 95%. Além disso, o sexo masculino não apresentou nenhum resultado significativo (nem de alto e baixo RR) ao longo dos dias de defasagem.

De maneira geral, o intervalo de maior risco relativo se encontra entre 17,5°C e 21°C para as três categorias estudadas, sendo significativa apenas para o total dos internamentos.

Os efeitos das elevadas temperaturas apresentam um crescente risco desde o quinto dia de defasagem que para o sexo feminino, efeito que também pode ser observado no total das internações a partir do *lag* 0-15. Em contrapartida, as crianças do sexo masculino têm uma tendência de baixo risco de serem internadas quando ocorrem eventos de temperaturas médias maiores de 26°C. Os valores dos riscos relativos acumulados para cada percentil e *lags* podem ser conferidos na tabela 10 abaixo.

Tabela 10: Risco relativo acumulado dos percentis 25 (18,7°C), 75 (23,5°C), 90 (25,2°C) e 99 (27,4°C) de temperatura média do ar, nos lags 0-5, 0-15, 0-25 e 0-28 dias para o total de internamentos e por sexo, com intervalo de confiança de 95%.

Temperatura Média do ar					
	Lag	Percentil			
		25	75	90	99
Total	Lag 0-5	0,977 (0,933-1,024)	0,997 (0,957-1,040)	0,991 (0,923-1,065)	0,981 (0,842-1,145)
	Lag 0-15	1,082 (0,995-1,177)	0,912 (0,850-0,978)	0,895 (0,803-0,997)	0,911 (0,716-1,159)
	Lag 0-25	1,128 (1,000-1,273)	0,900 (0,816-0,995)	0,923 (0,799-1,065)	1,037 (0,754-1,428)
	Lag 0-28	1,160 (1,016-1,324)	0,887 (0,795-0,990)	0,931 (0,795-1,092)	1,115 (0,786-1,581)
Feminino	Lag 0-5	0,999 (0,933-1,070)	1,002 (0,943-1,066)	1,050 (0,946-1,166)	1,160 (0,927-1,451)
	Lag 0-15	1,118 (0,989-1,264)	0,916 (0,826-1,015)	0,963 (0,821-1,130)	1,135 (0,797-1,615)
	Lag 0-25	1,174 (0,984-1,401)	0,906 (0,782-1,048)	1,018 (0,823-1,259)	1,393 (0,872-2,227)
	Lag 0-28	1,198 (0,987-1,454)	0,898 (0,764-1,056)	1,041 (0,824-1,316)	1,533 (0,918-2,559)
Masculino	Lag 0-5	0,957 (0,899-1,019)	0,991 (0,937-1,047)	0,940 (0,854-1,034)	0,844 (0,685-1,039)
	Lag 0-15	1,053 (0,941-1,180)	0,906 (0,824-0,995)	0,835 (0,722-0,965)	0,745 (0,538-1,032)
	Lag 0-25	1,089 (0,925-1,281)	0,894 (0,782-1,021)	0,841 (0,694-1,020)	0,793 (0,515-1,220)
	Lag 0-28	1,127 (0,943-1,347)	0,876 (0,756-1,015)	0,841 (0,680-1,040)	0,836 (0,522-1,339)

Os valores destacados em vermelho na tabela representam o alto risco relativo acumulado significativo e os valores com cores azuis representam os baixos RR significativos.

Os efeitos da umidade relativa do ar encontram-se representados na figura 25. Assim como a temperatura do ar, este atributo climático é importante e deve ser sempre considerado em análises como esta, visto que o seu comportamento é em função da temperatura do ar e seus valores superiores e inferiores também podem influenciar diretamente no aparecimento e complicações das doenças respiratórias.

Figure 25: Relação entre a umidade relativa do ar nos lags 0-2, 0-5, e 0-8 (média como referência de 73,59%, com 95% de intervalo de confiança), e as interações totais e por sexo no período de 2003 a 2013.

Como citado anteriormente, a reduzida umidade relativa do ar pode contribuir para o ressecamento das mucosas, desidratação das células e também tornam o ambiente mais propício para a transmissão de vírus. Os elevados valores de umidade relativa do ar, por sua vez, estão relacionados à sensibilidade a alérgenos (externos e internos), a mofo e fungos.

O aparecimento e crescimento de mofo, fungos, outras bactérias e microrganismos nos locais de moradia, de acordo com vários estudos, aumentam os riscos e sintomas respiratórios relacionados às alergias, rinites (alérgicas e não alérgicas), crises de asma, entre outras inflamações da membrana mucosa (TISCHER; HEINRICH, 2013; THAM *et al.*, 2017a, 2017b).

Os resultados encontrados, entretanto, mostram um efeito contrário para os valores mais baixos de umidade relativa do ar, ou seja, nesta pesquisa as menores porcentagens de UR não foram determinantes para o aumento das internações em crianças na área de estudo ao longo do período de 2003 a 2013. Contudo, foram encontrados resultados significativos de alto risco relativo acumulado para as crianças do sexo feminino nas faixas mais elevadas de umidade relativa do ar (>84%), em dois dias de exposição.

Islam; Chaussalet; Koizumi, (2017) encontraram resultados semelhantes para os valores acima de 90% na ocorrência de emergências hospitalares por doenças respiratórias do trato inferior em Londres com um *lag* de 0-2 dias. Já Lam *et al.*, (2016) mostraram que o aumento do risco de internamentos por asma em crianças de 0 a 14 anos de idade estão relacionados à alta umidade na estação mais quente.

É possível observar na figura 26 o risco relativo acumulado dos efeitos da umidade relativa do ar para percentis 25 (67%), 75 (81,8%) 90 (87%) e 99 (94%). Nota-se que, nos percentis 90 e 99 no segundo dia de defasagem para o sexo feminino, há um alto risco de internamentos significativo.

O sexo feminino registrou valores de alto RR de 1,112 (1,021:1,212) para 87% e 1,256 (1,038:1,521) em 94% de umidade relativa do ar. Os demais desfechos (total das internações e sexo masculino) não apresentaram resultados significativos.

Figura 26: Risco relativo acumulado e estrutura de defasagem para os efeitos da umidade relativa do ar nos percentis 25 (67%), 75 (81,8%), 90 (87%) e 99 (94%) para o total de internamento e por sexo com intervalo de confiança de 95%.

A tabela 11 mostra os valores dos riscos relativos para os percentis 25, 75, 90 e 99 da umidade relativa do ar e da precipitação, onde os resultados destacados em vermelho que representam o alto risco relativo acumulado significativo e os em azuis baixos riscos com intervalo de confiança de 95%.

Tabela 11: Risco relativo acumulado dos percentis 25 (67%), 75 (81,8%), 90 (87%) e 99 (94%) de umidade relativa do ar e dos percentis 25 (0 mm), 75 (2,03 mm) 90 (15,9 mm) e 99 (56,4 mm) de precipitação, nos lags 0-2, 0-5 e 0-8 dias para o total de internamentos e por sexo, com intervalo de confiança de 95%.

Umidade Relativa do ar					
	Lag	Percentil			
		25	75	90	99
Total	Lag 0-2	1,010 (0,978-1,042)	0,997 (0,963-1,032)	1,034 (0,975-1,097)	1,124 (0,987-1,281)
	Lag 0-5	1,006 (0,964-1,049)	0,997 (0,951-1,045)	1,022 (0,943-1,108)	1,080 (0,900-1,296)
	Lag 0-8	0,979 (0,927-1,033)	1,010 (0,953-1,072)	1,010 (0,913-1,117)	1,004 (0,795-1,267)
Feminino	Lag 0-2	0,982 (0,938-1,029)	1,042 (0,990-1,097)	1,112 (1,021-1,212)	1,256 (1,038-1,521)
	Lag 0-5	0,970 (0,910-1,033)	1,050 (0,980-1,126)	1,084 (0,963-1,221)	1,132 (0,866-1,479)
	Lag 0-8	0,936 (0,864-1,014)	1,074 (0,984-1,171)	1,083 (0,934-1,257)	1,062 (0,754-1,495)
Masculino	Lag 0-2	1,032 (0,989-1,077)	0,959 (0,915-1,005)	0,964 (0,891-1,043)	0,999 (0,838-1,191)
	Lag 0-5	1,036 (0,979-1,097)	0,952 (0,894-1,014)	0,965 (0,865-1,075)	1,021 (0,799-1,305)
	Lag 0-8	1,016 (0,945-1,092)	0,955 (0,882-1,034)	0,939 (0,820-1,076)	0,930 (0,681-1,272)
Precipitação					
	Lag	25	75	90	99
		25	75	90	99
Total	Lag 0-2	1,034 (1,008-1,062)	1,016 (1,003-1,029)	0,938 (0,894-0,985)	0,922 (0,800-1,061)
	Lag 0-5	1,055 (1,014-1,097)	1,026 (1,007-1,046)	0,904 (0,842-0,971)	0,855 (0,695-1,053)
	Lag 0-8	1,079 (1,026-1,135)	1,038 (1,012-1,063)	0,861 (0,785-0,945)	0,735 (0,563-0,960)
Feminino	Lag 0-2	1,045 (1,005-1,086)	1,021 (1,002-1,040)	0,928 (0,864-0,997)	0,995 (0,809-1,223)
	Lag 0-5	1,069 (1,009-1,133)	1,032 (1,004-1,062)	0,892 (0,802-0,991)	0,978 (0,720-1,329)
	Lag 0-8	1,082 (1,004-1,167)	1,039 (1,002-1,077)	0,866 (0,755-0,992)	0,857 (0,576-1,274)
Masculino	Lag 0-2	1,024 (0,989-1,061)	1,012 (0,995-1,029)	0,952 (0,892-1,016)	0,896 (0,741-1,083)
	Lag 0-5	1,041 (0,988-1,097)	1,020 (0,994-1,046)	0,918 (0,834-1,010)	0,786 (0,594-1,039)
	Lag 0-8	1,073 (1,003-1,148)	1,035 (1,002-1,070)	0,864 (0,763-0,977)	0,673 (0,472-0,961)

A precipitação foi o atributo climático (figura 27) que apresentou mais resultados significativos de aumento do risco relativo acumulado para todos os cenários analisados.

As chuvas entre 0 mm e 2,0 3mm (25 e 75 percentis) representaram alto risco para o total dos internamentos e para as crianças do sexo feminino durante todo o período de defasagem, enquanto que para o sexo masculino o maior risco foi constatado apenas no período de exposição mais longo (*lag* 0 -8).

A precipitação auxilia na “limpeza” da atmosfera, deixando-a com menor concentração de poluentes que podem potencializar os problemas do aparelho

respiratório (GARCIA-CHEVESICH et al., 2014). Com isso, podemos perceber que dias sem precipitação, ou com chuvas inferiores a 2,3 mm, colaboram para o aumento dos internamentos.

Figura 27: Relação entre a precipitação nos lags 0-2, 0-5, e 0-8 (média como referência de 4,63mm, com 95% de intervalo de confiança), e as internações totais e por sexo no período de 2003 a 2013.

Os menores riscos significativos foram encontrados a partir dos 5 mm de chuvas diários até 15 mm. O elevado volume de chuva (>120 mm) foi significativo para o aumento do RR no sexo feminino entre os *lags* de 2 a 4 dias, nos demais dias de defasagem também foi possível perceber o aumento do RR, todavia não foram estatisticamente significativos. O efeito contrário aconteceu na análise relacionada ao sexo masculino que apresentaram uma tendência ao menor risco de internamentos nos valores elevados de precipitação, especialmente a partir do *lag* 5.

Na cidade de Changwon localizada na Coréia do Sul os limites de precipitação ou de ocorrência de neve entre 5 a 15 mm tiveram resultados positivos para o aumento das emergências pediátricas relacionadas com as doenças respiratórias (LEE; JIN; LEE, 2016). Os autores Islam; Chaussalet e Koizumi (2017) encontraram resultados significativos para o aumento de internamentos na cidade de Londres quando a precipitação diária foi maior que 30 mm.

Os eventos de elevado volume e intensidade de chuvas nos ambientes urbanos podem provocar diversos problemas para a população, um dos problemas é o aumento da proliferação de mofo e fungos nas moradias, principalmente nos locais que são mais precários e carecem de uma infraestrutura adequada (WHO, 2009; NORBÄCK *et al.*, 2017).

Apesar da umidade relativa do ar e a precipitação serem atributos climáticos que podem influenciar nos internamentos ou mortalidade por doenças respiratórias em crianças, poucos estudos que utilizam esta metodologia adotam essas duas variáveis como parâmetro, sendo mais comum encontrarmos trabalhos que relacionam a temperatura do ar e a umidade relativa do ar como controle.

Na figura 28, é possível visualizar o comportamento dos valores específicos de precipitação (percentis) ao longo dos dias de defasagem.

Outra variável muito investigada na relação das doenças com os internamentos é a poluição do ar, que também é um dos fatores determinantes para a piora da saúde das crianças (ARDILES *et al.*, 2017; LI *et al.*, 2017, 2018; LIN *et al.*, 2017).

Quando as concentrações do poluente MP₁₀ são elevadas, seus efeitos são sentidos pelo corpo humano de maneira imediata, afetando a função pulmonar, aumentando as crises de asma, bronquite, entre outras infecções (POPE; DOCKERY, 2006). Em relação às doenças respiratórias, a OMS estima que a poluição do ar é responsável por 25% das mortes por câncer de pulmão, 17% por doenças respiratórias do trato inferior e 8% das mortes pela DPOC no mundo (WHO, 2017).

Figura 28: Risco relativo acumulado e estrutura de defasagem para os efeitos da precipitação nos percentis 25 (0 mm), 75 (2,03 mm) 90 (15,9 mm) e 99 (56,4 mm) para o total de internamento e por sexo com intervalo de confiança de 95%.

Os resultados encontrados mostraram que o MP₁₀ representa alto risco relativo acumulado (significativo) nas concentrações maiores de 35 µg/m³ em crianças do sexo feminino a partir do momento de exposição, diferentemente do total analisado que apresenta maior risco somente no dia seguinte à exposição. No que diz respeito

às crianças do sexo masculino, não foram verificados resultados significativos relacionados à poluição (figura 29).

Figura 29: Risco acumulado dos efeitos da precipitação nos lags 0-1 (mediana como referência de 33,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), para o total de internamentos e por sexo no período de 2003 a 2013.

O maior RR foi encontrado no *lag* 1, no valor de 1,218, no percentil 99 (106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para o sexo feminino. Já os menores valores de concentração de MP_{10} (percentil 25 - 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) indicaram riscos mais baixos para a ocorrência dos internamentos (tabela 12).

Os autores Braga *et al.*, (2001) também encontraram resultados significativos na relação entre as altas concentrações de poluentes na atmosfera (MP_{10} , O_3 , SO_2 , CO e NO_2) e internamentos por doenças respiratórias, principalmente em crianças com até dois anos de idade na cidade de São Paulo. O modelo estatístico utilizado neste estudo foi o Modelo Linear Generalizado de Poisson.

A mortalidade infantil na metrópole paulistana foi relacionada à poluição atmosférica, sendo que o poluente MP_{10} contribuiu para o aumento de 7% das mortes por doenças respiratórias (CONCEIÇÃO *et al.*, 2001), utilizando-se do mesmo método estatístico do estudo citado anteriormente.

De maneira geral, as crianças do sexo feminino foram as mais sensíveis aos efeitos ambientais se comparadas com as do sexo masculino, apesar do número de internações registradas por doenças respiratórias serem maior no sexo masculino. Alguns estudos apontam, ainda, que as crianças do sexo feminino são mais vulneráveis em determinadas condições climáticas (LI *et al.*, 2016; TANG *et al.*, 2017) e/ou relacionadas a alérgenos, mofo e fungos (THAM *et al.*, 2017a).

Tabela 12: Risco relativo acumulado dos percentis 25 (24 µg/m³), 75 (48 µg/m³), 90 (64 µg/m³) e 99 (106 µg/m³) de MP10 nos lags 0 e 1 dia para o total de internamentos e por sexo, com intervalo de confiança de 95%.

MP10					
Sexo	Lag	Percentil			
		25	75	90	99
Total					
	Lag 0	0,992 (0,979-1,005)	1,011 (0,992-1,031)	1,025 (0,983-1,067)	1,060 (0,961-1,116)
	Lag 1	0,983 (0,970-0,997)	1,025 (1,004-1,046)	1,053 (1,008-1,100)	1,133 (1,021-1,257)
Feminino					
	Lag 0	0,977 (0,959-0,996)	1,034 (1,005-1,063)	1,073 (1,011-1,139)	1,184 (1,028- 1,364)
	Lag 1	0,974 (0,955-0,993)	1,040 (1,009-1,071)	1,086 (1,020-1,156)	1,218 (1,049-1,415)
Masculino					
	Lag 0	1,007 (0,989-1,024)	0,989 (0,963-1,016)	0,978 (0,924-1,034)	0,948 (0,830-1,083)
	Lag 1	0,993 (0,974-1,012)	1,009 (0,981-1,038)	1,020 (0,961-1,083)	1,049 (0,910-1,210)

Na tabela 13, é possível observar o resumo dos valores com alto risco relativo significativo encontrado ao longo da defasagem estabelecida para cada atributo climático e poluição do ar, nas análises do total das internações e por sexo.

O alto RR encontrado nos elevados valores de umidade relativa do ar e de precipitação para as crianças do sexo feminino podem estar relacionados às habitações da população analisada, uma vez que as desigualdades sociais também interferem na saúde e na qualidade de vida do homem. Portanto, é de fundamental importância a análise das condições socioeconômicas.

Tabela 13: Alto risco relativo acumulado para os intervalos significativos para total das interações e por sexo

Alto Risco Relativo Acumulado				
Total das interações				
Fatores	*Intervalo	Lag	**Maior RR	***Menor RR
Temperatura média do ar	17,5°C - 21°C	0-28	1,174 (1,017:1,363)	1,008 (1,001:1,014)
Precipitação	0mm - 2,03mm	0-2	1,035 (1,008:1,063)	1,017 (1,004:1,030)
		0-5	1,055 (1,015:1,097)	1,026 (1,007:1,046)
		0-8	1,080 (1,026:1,136)	1,038 (1,013:1,063)
MP10	>35µg/m³	0-1	1,299 (1,045:1,614)	1,002 (1,000:1,004)
Sexo Feminino				
Umidade Relativa do ar	84% - 98%	0-2	1,359 (1,038:1,778)	1,068 (1,004:1,136)
Precipitação	0mm - 2,03mm	0-2	1,045 (1,006:1,087)	1,021 (1,003:1,041)
		0-5	1,070 (1,010:1,133)	1,033 (1,005:1,062)
		0-8	1,083 (1,005:1,167)	1,039 (1,002:1,078)
	>120mm	0-3	4,274 (1,116:16,373)	2,777 (1,017:7,579)
MP10	>35µg/m³	0-1	1,512 (1,914:2,067)	1,004 (1,001:1,007)
Sexo Masculino				
Precipitação	0mm - 2,03mm	0-8	1,074 (1,004:1,149)	1,035 (1,002-1,070)

*Intervalo significativo que representa alto RR

**Maior risco relativo acumulado encontrado no intervalo

*** Menor risco relativo acumulado encontrado no intervalo

5.4. Análise espacial

Para relacionar as interações com as variáveis socioeconômicas foram realizadas diversas etapas, sendo a primeira o cálculo e a espacialização da Razão Padronizada dos Internamentos – RPI e a RPI suavizada – RPIS durante o período de 2006 a 2013. Os resultados obtidos podem ser observados por meio dos mapas representados na figura 30.

A suavização da RPI teve como objetivo a correção dos possíveis erros de geocodificação e da instabilidade na estimação do risco, com isso, nota-se as diferenças nos valores e na distribuição espacial entre os resultados suavizados e não suavizados.

Figura 30: Razão Padronizada dos Internamentos e RPI suavizada para o total dos internamentos, sexo feminino e sexo masculino no período de 2006

As condições de habitação, saneamento básico, rendimento, escolaridade, e outras variáveis socioeconômicas sempre foram considerados fatores importantes para entender as causas da morbidade e mortalidade de diversas doenças ao redor do mundo, bem como as iniquidades relacionadas à saúde no espaço urbano (HAWKER *et al.*, 2003; MIRANDA *et al.*, 2014; HOFFMANN *et al.*, 2014; SANTANA *et al.*, 2015b; O' LENICK *et al.*, 2017).

Para as doenças respiratórias Kanervisto *et al.* (2011) verificaram que a baixa renda e escolaridade são os fatores determinantes para alto risco da ocorrência de asma e DPOC na Finlândia. Em outro estudo (GRIGSBY *et al.*, 2016), a baixa escolaridade e a renda familiar também foram relacionados com a alta prevalência de DPOC em cinco cidades, Argentina, Chile, Peru, Uruguai e Bangladesh.

A criação de índices de privação a partir de um conjunto de variáveis socioeconômicas e materiais também é uma maneira de se avaliar as características da população e associá-las com a saúde. Nesta pesquisa, dentre as diversas variáveis avaliadas, o rendimento, a quantidade de pessoas residentes no domicílio e a taxa de analfabetismo foram escolhidas para a construção do índice de privação sócio material – IP.

A figura 31 ilustra a representação cartográfica dessas variáveis. Pelos mapas, é possível perceber que os padrões espaciais dos setores para as três variáveis são semelhantes em algumas áreas, principalmente nos distritos de Santana e em Santa Cecília. No mapa dos domicílios com mais de cinco moradores é evidente que os lugares mais próximos do centro da cidade de São Paulo, como Santa Cecilia e República e Sé são os distritos com o menor número de moradores em uma residência.

As piores condições de rendimento, de maneira geral, estão mais concentradas na parte nordeste e noroeste da área de estudo, sendo que a porcentagem de pessoas responsáveis que ganham até um salário mínimo varia entre 0 a 89,3%.

A construção do índice de privação a partir dessas três variáveis possibilitou o melhor entendimento do padrão espacial da vulnerabilidade da população. Os resultados do IP, portanto, podem ser visualizados na figura 32. A classificado foi realizada por meio de quintis, o quintil 1 representa a baixa privação, ou seja, setores com melhores condições socioeconômicas e materiais e o último quintil caracteriza os setores com alta privação.

Figura 31: Mapas das pessoas responsáveis com até um salário mínimo (%), taxa de analfabetismo (%), domicílios particulares permanentes com mais de 5 moradores (%), no período de 2006 a 2013.

Figura 32: Mapa do Índice de Privação Sócio Material da área de estudo no período de 2006 a 2013

Os setores com alta privação estão localizados em partes dos distritos Pari, Brás, Belém, Vila Maria, Vila Medeiros e mais ao norte do Limão e Casa Verde. Quase todos os setores do distrito de Santana e Santa Cecília apresentam baixa privação sócio material, bem como o norte do Tucuruvi, e partes da República e Sé.

O índice de privação é um parâmetro bastante utilizado em pesquisas que buscam compreender a relação entre a privação e as doenças de determinadas áreas. Um estudo realizado em 15 cidades da Europa pelos autores Marí-Dell’Olmo *et al.*, (2015) mostra que a privação é uma das principais causas de alto risco de mortalidade por doenças respiratórias, pneumonia e influenza em diversas cidades para ambos os sexos. Além disso, a baixa capacidade do funcionamento pulmonar também pode estar relacionada às áreas de alta privação de acordo com (SHOHAIMI *et al.*, 2004).

Com o intuito verificar o padrão espacial das variáveis para melhor entendimento da sua distribuição no espaço, foi adotado, inicialmente a análise de autocorrelação espacial para identificação de aglomerados espaciais altos e baixos tanto para o IP quanto para as RPIS (total analisado e por sexo). Os resultados dessa autocorrelação espacial podem ser visualizados na figura 33.

Os aglomerados espaciais altos estão representados em vermelho e os baixos em azul. Pode-se observar a partir dos mapas que algumas áreas dos distritos de Santana, Tucuruvi e Santa Cecília apresentam baixos *clusters* tanto para o IP quanto para as RPIS.

Já os aglomerados espaciais altos para os sexos feminino e masculino das RPIS apresentaram, no entanto, uma dependência espacial distinta. No sexo feminino, os *clusters* altos foram encontrados na porção leste da Vila Medeiros e em setores do Brás, Vila Maria e Belém, para o sexo masculino os aglomerados altos estão localizados no Bom Retiro, Santa Cecília, Limão, Vila Maria e Vila Guilherme.

A partir do resultado da autocorrelação espacial do IP e dos valores das RPIS, foi calculado o risco relativo, que levou em consideração os aglomerados espaciais altos, baixo e não significativos do IP.

Os resultados do risco relativo entre os aglomerados do IP e das RPIS mostram que a alta privação (altos clusters) contribuiu para o elevado risco de internações por doenças respiratórias para as crianças do sexo feminino (2,30), para o sexo masculino o RR também é elevado, no entanto, não foi estatisticamente significativo.

Figura 33: Aglomerados Espaciais do índice de privação sócio espacial, da Razão Padronizada dos Internamentos suavizada para o total e por sexo durante 2006 a 2013.

Os setores com baixa privação (baixos clusters), por sua vez são os locais com menor risco relativo tanto para o total das internações quanto por sexo. Esses resultados afirmam, portanto, que a população com piores condições socioeconômicas são as que apresentam maiores riscos, principalmente entre as crianças do sexo feminino.

Os resultados do RR encontrados podem ser observados na tabela 14 e na figura 34.

Tabela 14: Risco relativo da alta e baixa privação sócio material para o total dos internamentos e por sexo durante 2006 e 2013.

Alta Privação			
	RR	IC (inferior)	IC (superior)
Sexo Feminino	2,30	1,70	3,05
Sexo Masculino	1,28	0,96	1,70
Total	1,65	1,31	2,05
Baixa Privação			
	RR	IC (inferior)	IC (superior)
Sexo Feminino	0,37	0,26	0,51
Sexo Masculino	0,37	0,27	0,50
Total	0,40	0,31	0,52

Os estudos de Blain *et al.*, (2014) e Kauhl *et al.*, (2018) também analisaram espacialmente a relação entre a privação e as doenças respiratórias e encontraram resultados significativos para as áreas de alta e baixa privação.

Figura 34: *Boxplot* do risco relativo da alta e baixa privação sócio material para o total do internamentos e por sexo durante 2006 e 2013
Organizado pela autora.

Além da autocorrelção realizada para o IP e para as RPIS foi realizada a análise de correlação espacial entre as variáveis a partir do LISA bivariado.

Os gráficos de dispersão do I de Moran para a análise do LISA bivariado na figura 35 mostram uma correlação espacial positiva entre o IP com a RPIS total (I de Moran = 0,33), RPIS do sexo feminino (I de Moran = 0,13) e RPIS do sexo masculino (I de Moran = 0,30). Sendo possível perceber que a correlação espacial que obteve melhores resultados foi entre o IP e as RPIS total e para o sexo masculino.

Os resultados da correlação espacial entre as RPI suavizadas e o índice de privação, portanto, estão representados na figura 36, bem como os valores de significância dos aglomerados espaciais.

O mapa dos aglomerados espaciais do sexo masculino mostra que os altos *clusters* de maneira geral se concentram mais na Vila Guilherme, Pari e Vila Maria, no entanto os altos *clusters* para o sexo feminino se encontram em maior parte na Vila Medeiros, Vila Maria, Belém e Brás.

Figura 35: Gráficos de dispersão do I de Moran Bivariado da correlação entre o índice de privação sócio material e as RPIS do total e para os sexos feminino e masculino

Figura 36: Agrupamentos espaciais e significância entre o índice de privação sócio material e as razões padronizadas dos internamentos total e por sexo no período de 2006 a 2013.

5.4.1. Modelos de regressão – Mínimos Quadrados Ordinários– OLS e Regressão Geograficamente Ponderada – GWR

A aplicação dos modelos de regressão espacial também foi mais uma maneira de avaliar a relação entre a RPI suavizada para o total dos internamentos e por sexo com o índice de privação sócio material.

Na figura 37, é possível visualizar o diagnóstico dos resultados do modelo de regressão OLS obtidos para o conjunto total dos dados analisados. Na primeira coluna temos o valor do coeficiente de determinação R^2 que foi de 0,054, esse valor determina a qualidade do ajuste do modelo. Os resultados do desempenho do modelo podem ser conferidos pelo critério de Akaike (5212,1) *Log likelihood* (-2607,5).

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION				
Data set	:	RPI		
Dependent Variable	:	NsRPI_n	Number of Observations:	1661
Mean dependent var	:	3.94583	Number of Variables	: 2
S.D. dependent var	:	1.19628	Degrees of Freedom	: 1659
R-squared	:	0.054986	F-statistic	: 96.5296
Adjusted R-squared	:	0.054416	Prob(F-statistic)	: 3.49516e-022
Sum squared residual	:	2246.35	Log likelihood	: -2607.57
Sigma-square	:	1.35404	Akaike info criterion	: 5219.14
S.E. of regression	:	1.16363	Schwarz criterion	: 5229.97
Sigma-square ML	:	1.35241		
S.E of regression ML	:	1.16293		

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Probability

CONSTANT	3.94471	0.0285518	138.16	0.00000
indice_pri	0.114357	0.0116394	9.82495	0.00000

REGRESSION DIAGNOSTICS				
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER	1.003977			
TEST ON NORMALITY OF ERRORS				
TEST	DF	VALUE	PROB	
Jarque-Bera	2	26.8398	0.00000	
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY				
RANDOM COEFFICIENTS				
TEST	DF	VALUE	PROB	
Breusch-Pagan test	1	144.4938	0.00000	
Koenker-Basnett test	1	156.6965	0.00000	
SPECIFICATION ROBUST TEST				
TEST	DF	VALUE	PROB	
White	2	161.3405	0.00000	
DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE				
FOR WEIGHT MATRIX : queen				
(row-standardized weights)				
TEST	MI/DF	VALUE	PROB	
Moran's I (error)	-0.0091	-0.5165	0.60550	
Lagrange Multiplier (lag)	1	0.0536	0.81684	
Robust LM (lag)	1	18.0057	0.00002	
Lagrange Multiplier (error)	1	0.3293	0.56607	
Robust LM (error)	1	18.2813	0.00002	
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	18.3350	0.00010	
===== END OF REPORT =====				

Figura 37: Diagnóstico da regressão OLS para o total dos internamentos no período de 2006 a 2013.

Como foi utilizada apenas a variável do índice de privação sócio material o modelo não apresenta problemas com a multicolinearidade, no entanto apresenta resultados positivos para não normalidade dos dados (teste Jarque-Bera) e também para heterocedasticidade (testes Breusch –Pagan, Koenker-Bassett e White). O diagnóstico para a dependência espacial mostra que os teste de Langrange Multiplier Lag e Langrange Multiplier Error não foram significativos (0,81 e 0,56 respectivamente) indicando que os resultados da regressão OLS é suficiente, não sendo necessário adotar as alternativas dos modelos Spatial Lag e Spatial Error.

Apesar do diagnóstico da dependência espacial parecer satisfatório, o modelo possui problemas de normalidade e heterocedasticidade nos resíduos, portanto o modelo GWR foi aplicado para tentar resolver essa adversidade.

O diagnóstico do modelo GWR para o total dos internamentos se encontra na tabela 15.

Tabela 15: Diagnóstico do modelo GWR para o total das internações durante o período de 2006 a 2013.

Diagnóstico GWR	
Sigma	1,1
AIC	5161,2
R ²	0,16
R ² ajustado	0,11

Tanto o coeficiente de determinação (0,16) quanto o desempenho do modelo (5161,2) foram melhores no modelo GWR do que no OLS.

Os mapas representados na figura 38 mostram os resultados da regressão, os valores preditos do modelo (figura 38 à esquerda) são maiores nos setores que se localizam nos distritos de Vila Maria, Vila Medeiros, Vila Guilherme e Limão, enquanto os mais baixos se encontram em Santana e Santa Cecília.

Os resultados do coeficiente de determinação foram ilustrados no mapa Local R² (figura 38 à direita), na qual mostra as áreas que foram melhor explicadas pelo modelo (0,17 a 0,29). Apesar do modelo ter um valor explicativo baixo, os resíduos (figura 37 ao centro) não mostram (p-value = 0,23) nenhum padrão espacial.

Figura 38: Mapa predito e estimado da RPIS por doenças respiratórias a partir do índice de privação sócio material, mapas do R² loca e dos resíduos para o total das internações durante o período de 20016 a 2013.

O diagnóstico do modelo OLS para o sexo feminino está representado na figura 39. Como é possível observar, o coeficiente de determinação e o coeficiente ajustado apresentaram valores aproximados de 0,05, representando baixa qualidade na explicação do modelo. Os critérios de Akaike (5395,6), Schwarz (5406,5) e Log likelihood (-2695,8) mostram o resultado do desempenho do modelo.

Nota-se que nesta análise os problemas de normalidade e heterocedasticidade também foram encontrados e podem ser verificados a partir dos resultados dos testes Jarque-Bera, Breusch-Pagan, Koenker-Bassett e White.

```

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set           : RPI
Dependent Variable : NsRPI_M   Number of Observations: 1661
Mean dependent var : 3.66692   Number of Variables   : 2
S.D. dependent var : 1.2609    Degrees of Freedom    : 1659

R-squared          : 0.053981   F-statistic           : 94.6641
Adjusted R-squared : 0.053411   Prob(F-statistic)     : 8.51897e-022
Sum squared residual: 2498.22   Log likelihood         : -2695.83
Sigma-square       : 1.50586   Akaike info criterion : 5395.67
S.E. of regression : 1.22713   Schwarz criterion     : 5406.5
Sigma-square ML    : 1.50405
S.E of regression ML: 1.2264

-----
Variable      Coefficient      Std.Error      t-Statistic      Probability
-----
CONSTANT      3.66575      0.03011      121.745      0.00000
indice_pri    0.119426    0.0122746    9.72955      0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 1.003977
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST      DF      VALUE      PROB
Jarque-Bera      2      204.7434      0.00000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST      DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      1      48.4190      0.00000
Koenker-Bassett test    1      43.3563      0.00000
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST      DF      VALUE      PROB
White      2      90.1383      0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : queen
(row-standardized weights)
TEST      MI/DF      VALUE      PROB
Moran's I (error)      -0.0101      -0.5769      0.56398
Lagrange Multiplier (lag)      1      0.1179      0.73128
Robust LM (lag)      1      27.0994      0.00000
Lagrange Multiplier (error)      1      0.4021      0.52600
Robust LM (error)      1      27.3836      0.00000
Lagrange Multiplier (SARMA)      2      27.5015      0.00000
===== END OF REPORT =====

```

Figura 39: Diagnóstico da regressão OLS para o sexo feminino no período de 2006 a 2013.

Assim como para o total das internações, o diagnóstico de dependência espacial para o sexo feminino foi considerado satisfatório, apesar da heterocedasticidade. Como alternativa, o modelo GWR, foi aplicado mais uma vez, na tentativa de solucionar o problema da heterocedasticidade, desempenho e explicação do modelo OLS.

No diagnóstico do modelo GWR (tabela 16), observa-se que a explicação do modelo subiu 5% ($R^2 = 0,10$) se compararmos com os resultados do modelo OLS, além disso, o desempenho pelo critério de Akaike também foi melhor (5350,4), como citado anteriormente, quanto menor o valor do AIC melhor é o desempenho do modelo.

Tabela 16: Diagnóstico do modelo GWR para o sexo feminino durante o período de 2006 a 2013.

Diagnóstico GWR	
Sigma	1,2
AIC	5350,4
R^2	0,10
R^2 ajustado	0,09

O mapa do R^2 local (figura 40 à direita) mostrou que as áreas dos distritos de Santana e Casa Verde contribuíram com maior poder de explicação do que os demais distritos.

Os resultados preditos estimados para a razão padronizada dos internamentos suavizados a partir do índice de privação podem ser observados no mapa predito (figura 40 à esquerda). Os maiores valores foram encontrados nos distritos mais ao leste e oeste da área de estudo, já os menores valores em alguns setores do centro e de Santana.

A representação cartográfica dos resíduos padronizados do modelo (figura 40 ao centro) possibilita a verificação dos locais onde ocorreram uma superestimativa do risco nos tons em vermelho e subestimativa, nos tons em azul, sendo que o valor do *p-value* foi de 0,69.

A figura 41 mostra os resultados da regressão OLS clássica entre a RPIS do sexo masculino com o índice de privação sócio material. O poder explicativo do modelo foi de 0,02 no coeficiente de determinação, ou seja, o modelo foi 2% explicativo, por sua vez os valores do desempenho foram: 5460,79 para o AIC, 5471,62 no critério de Schwarz e -2728,4 no Log likelihood.

```

SUMMARY OF OUTPUT: ORDINARY LEAST SQUARES ESTIMATION
Data set      : RPI
Dependent Variable : NsRPI_H Number of Observations: 1661
Mean dependent var : 3.84994 Number of Variables : 2
S.D. dependent var : 1.26361 Degrees of Freedom : 1659

R-squared      : 0.020371 F-statistic      : 34.4975
Adjusted R-squared : 0.019780 Prob(F-statistic) : 5.14601e-009
Sum squared residual: 2598.12 Log likelihood : -2728.4
Sigma-square     : 1.56608 Akaike info criterion : 5460.79
S.E. of regression : 1.25143 Schwarz criterion : 5471.62
Sigma-square ML   : 1.56419
S.E of regression ML: 1.25068

-----
Variable      Coefficient      Std. Error      t-Statistic      Probability
-----
CONSTANT      3.84923      0.0307061      125.357      0.00000
indice_pri    0.0735218    0.0125176      5.87345      0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
MULTICOLLINEARITY CONDITION NUMBER 1.003977
TEST ON NORMALITY OF ERRORS
TEST      DF      VALUE      PROB
Jarque-Bera      2      150.0303      0.00000

DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST      DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test      1      35.9688      0.00000
Koenker-Bassett test      1      36.6142      0.00000
SPECIFICATION ROBUST TEST
TEST      DF      VALUE      PROB
White      2      45.9265      0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
FOR WEIGHT MATRIX : queen
(row-standardized weights)
TEST      MI/DF      VALUE      PROB
Moran's I (error)      0.0295      1.9245      0.05429
Lagrange Multiplier (lag)      1      4.6609      0.03086
Robust LM (lag)      1      7.5043      0.00616
Lagrange Multiplier (error)      1      3.4613      0.06282
Robust LM (error)      1      6.3047      0.01204
Lagrange Multiplier (SARMA)      2      10.9656      0.00416
===== END OF REPORT =====

```

Figura 41: Diagnóstico da regressão OLS para o sexo masculino no período de 2006 a 2013.

Os testes de normalidade e homocedasticidade deram positivos para a não normalidade e heterocedasticidade dos dados, assim como nas outras análises. No entanto, o diagnóstico da dependência espacial o teste de Langrage Multiplier (*lag*) foi significativo, indicando, uma alternativa para a solução dos problemas encontrados.

O modelo *lag* espacial, portanto foi considerado e seus resultados podem ser observados na figura 42.

O diagnóstico de qualidade e desempenho do modelo mostram que não ocorreu melhoras em seus resultados se compararmos com o modelo anterior de regressão, os valores de R^2 são os mesmos e a diferença entre os critérios AIC, Schwarz e Log Likelihood não são expressivos. Além disso, o modelo ainda apresenta problemas de heterocedasticidade, sendo necessária a adoção da regressão GWR.

```

-----
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set           : RPI
Spatial Weight     : queen
Dependent Variable :   NsRPI_H   Number of Observations: 1661
Mean dependent var :   3.84994   Number of Variables   :    3
S.D. dependent var :   1.26361   Degrees of Freedom    : 1658
Lag coeff. (Rho)   :   0.0637914

R-squared          :   0.023191   Log likelihood       :  -2726.56
Sq. Correlation    :   -          Akaike info criterion :   5459.13
Sigma-square       :   1.55969   Schwarz criterion   :   5475.37
S.E of regression  :   1.24888

-----
Variable           Coefficient      Std.Error      z-value      Probability
-----
W_NsRPI_H          0.0637914      0.0370615      1.72123      0.08521
CONSTANT           3.59277        0.145741      24.6517      0.00000
indice_pri         0.06731        0.012577      5.35184      0.00000
-----

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST              DF      VALUE      PROB
Breusch-Pagan test 1      36.8138   0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : queen
TEST              DF      VALUE      PROB
Likelihood Ratio Test 1      3.6653   0.05556
===== END OF REPORT =====

```

Figure 42: Diagnóstico da regressão lag espacial para o sexo masculino no período de 2006 a 2013.

Nota-se que o desempenho do modelo GWR é melhor do que os anteriores, o AIC tem o valor de 5420,5 e o modelo também possui melhor poder explicativo, passando de 2% a 11% (tabela 17).

Tabela 17: Diagnóstico do modelo GWR para o sexo feminino durante o período de 2006 a 2013.

Diagnóstico GWR	
Sigma	1,2
AIC	5420,5
R ²	0,11
R ² ajustado	0,06

Os mapas resultantes do modelo de regressão GWR estão representados a seguir (figura 43). Observa-se que os resultados encontrados no mapa dos valores preditos estimados (à esquerda) da RPIS a partir da variável explicativa mostram que boa parte dos setores pertencentes aos distritos de Vila Maria, Vila Guilherme, Vila Medeiros, Sé, Brás e Pari apresentam os piores valores.

A espacialização dos resultados do coeficiente de determinação pode ser visualizada no mapa a direita, o maior poder de explicação se encontra nos setores em que variam de 10% a 17%. No mapa dos resíduos, não foi encontrado padrão espacial e o valor do *p-value* foi de 0,65.

Os resultados da análise espacial possibilitaram a identificação dos setores mais vulneráveis na área de estudo. Os distritos de Santana e Santa Cecília foram os que apresentaram setores em sua maioria com menor privação sócio material, bem como menor risco e menores valores da razão padronizada suavizada dos internamentos. As áreas mais vulneráveis, no entanto, apresentaram um padrão espacial distinto para o total e para cada sexo.

Figura 43: Mapa predito e estimado da RPIS por doenças respiratórias a partir do índice de privação sócio material, mapas do R² loca e dos resíduos para o sexo masculino durante o período de 2006 a 2013.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nesta pesquisa relacionaram as doenças respiratórias com os atributos climáticos, a poluição do ar e as condições socioeconômicas presentes na área de estudo.

As análises entre os atributos climáticos e as internações possibilitaram identificar as defasagens e os intervalos (valores) mais críticos para as doenças respiratórias em crianças. Dentre os valores encontrados, o intervalo entre 17,5°C e 21°C de temperatura média do ar foi considerado como o mais crítico para o total das internações analisadas.

As crianças do sexo feminino em particular, não apresentaram risco para valores de temperatura média do ar, mas sim para a umidade relativa do ar (84% a 98% nos primeiros dois dias de defasagem), para a precipitação (0 mm a 2,3 mm e >120 mm) e poluição do ar (>35 µg/m³). Já para as crianças do sexo masculino, o acúmulo do alto risco foi evidente apenas para os valores entre 0 a 2,3 mm de precipitação no *lag* de 8 dias.

A literatura aponta que a temperatura do ar e a poluição são os dois fatores que podem ser mais determinantes para o aumento da mortalidade e morbidade das doenças respiratórias, contudo, este estudo encontrou que a umidade relativa do ar e a precipitação também são fatores ambientais que podem aumentar o risco das internações infantis na área de estudo, principalmente as crianças do sexo feminino.

Além disso, foi possível perceber que a maior vulnerabilidade ambiental das crianças do sexo feminino pode estar relacionada com as condições a privação sócio material, uma vez que o alto risco (RR = 2,30) de internações relacionadas ao sexo feminino também foi identificado nos setores de maior privação sócio material.

Os resultados deste estudo contribuíram, portanto, para o entendimento de uma parcela da complexa relação do homem com a natureza e da organização e lógica do espaço urbano. Acredita-se, por fim, que este estudo possa contribuir para a implementação e execução de estratégias com políticas públicas adequadas que previnam e/ou minimizem os efeitos das ações do homem na dinâmica climática, bem como os impactos do clima na saúde humana.

7. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Algumas limitações sobre a confiabilidade referentes aos dados epidemiológicos e da representação de dados meteorológicos (confiabilidade nas coletas de determinadas estações meteorológicas e grandes falhas nos bancos de dados) como citado anteriormente. Também é necessário considerar que os dados das internações utilizadas nessa pesquisa foram disponibilizados pelo DATASUS, não abordando, portanto, os dados registrados e pagos pelos hospitais particulares.

Além disso, cabe ressaltar ainda outras limitações encontradas nesta dissertação. Como esta pesquisa tem uma abordagem ecológica as conclusões apresentadas devem ser basear apenas nos objetivos que esse tipo de estudo adota.

Ademais, a escala de estudo também representa um fator que se limita e se restringe aos objetivos desta pesquisa, pois os resultados podem ser diferentes se trabalhados em outra escala ou nível de agregação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMENDRA, R.; SANTANA, P.; VASCONCELOS, J. Evidence of social deprivation on the spatial patterns of excess winter mortality. **International Journal of Public Health**, v. 62, n. 8, p. 849–856, 2017.
- ANDERSON, J. O.; THUNDIYIL, J. G.; STOLBACH, A. Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. **Journal of Medical Toxicology**, v. 8, n. 2, p. 166–175, 2012.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association -LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 91–115, 1995. Disponível em: <<http://www.dces.wisc.edu/documents/articles/curtis/cesoc977/Anselin1995.pdf>>.
- ANSELIN, L. The Moran scatterplot as ESDA tool to assess local instability in spatial association. In: FISCHER, M; SCHOLTEN, HJ; UNWIN, D. (Ed.). **Spatial Analytical Perspectives on GIS**. London: Taylor & Francis, 1996. p. 111–126.
- ANSELIN, L. Exploring Spatial Data with GeoDa: A Workbook. **Geography**, p. 244, 2005.
- ARDILES, L. G.; TADANO, Y. S.; COSTA, S.; URBINA, V.; CAPUCIM, M. N.; DA SILVA, I.; BRAGA, A.; MARTINS, J. A.; MARTINS, L. D. Negative Binomial regression model for analysis of the relationship between hospitalization and air pollution. **Atmospheric Pollution Research**, n. October, p. 0–1, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2017.10.010>>.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, R. and A.-C. E. **Standard 55-2013, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. [s.l: s.n.].
- BARROZO, L. V. Técnicas em geografia da saúde. In: VENTURI, L. A. B. (Ed.). **Geografia: práticas de campo, laboratório e sala de aula**. 1. ed. São Paulo: Sarandi, 2011. p. 287–311.
- BARROZO, L. V. Contribuições da cartografia aos estudos de geografia da saúde: investigando associações entre padrões espaciais. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. Especial C, n. 2014, p. 413–425, 2014.
- BECKLAKE, M. R.; KAUFFMANN, F. Gender differences in airway behaviour over the human life span. **Thorax**, v. 54, n. 12, p. 1119–1138, 1999. Disponível em: <<http://thorax.bmj.com/cgi/doi/10.1136/thx.54.12.1119>>.
- BESAG, J.; YORK, J.; MOLLIE, A. Bayesian image-restoration, with 2 applications in spatial statistics. **Annals of the Institute of Statistical Mathematics**, v. 43, n. 1, p. 1–20, 1991.
- BITTENCOURT, S. A.; CAMACHO, L. A. B.; DO CARMO LEAL, M. O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 1, p. 19–30, 2006.
- BLAIN, A. P.; THOMAS, M. F.; SHIRLEY, M. D. F.; SIMMISTER, C.; ELEMRAID, M. A.; GORTON, R.; PEARCE, M. S.; CLARK, J. E.; RUSHTON, S. P.; SPENCER, D. A. Spatial variation in the risk of hospitalization with childhood pneumonia and empyema in the North of England. **Epidemiology and Infection**, v. 142, n. 02, p. 388–398, 2014.

Disponível em: <http://www.journals.cambridge.org/abstract_S0950268813001015>.

BRAGA, A. L. F.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; PEREIRA, L. A. A. Air Pollution and Pediatric Respiratory Hospital Admissions in Sao Paulo, Brazil. **Journal of Environmental Medicine**, v. 102, n. June, p. 95–102, 1999.

BRAGA, A. L.; SALDIVA, P. H.; PEREIRA, L. A.; MENEZES, J. J.; CONCEIÇÃO, G. M.; LIN, C. A.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W. Health Effects of Air Pollution Exposure on Children and Adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatric Pulmonology**, v. 31, n. March, p. 106–113, 2001.

BRUNEKREEF, B.; HOLGATE, S. T. Air pollution and health. **Lancet**, v. 360, n. 9341, p. 1233–1242, 2002.

BUNYAVANICH, S.; LANDRIGAN, C. P.; MCMICHAEL, A. J.; EPSTEIN, P. R. The impact of climate change on child health. **Ambulatory Pediatrics**, v. 3, n. 1, p. 44–52, 2003.

CARLOS, A. F. A. **O Espaço Urbano: Novos Escritos Sobre a Cidade**. 1ª ed. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas - FFLCH, 2007.

CARSTAIRS, V.; MORRIS, R. Deprivation and health in Scotland. **Health Bulletin**, v. 48, p. 162–75., 1990.

CEINFO-COORDENAÇÃO DE EPIDEMIOLOGIA E INFORMAÇÃO. **ESTIMATIVA DA POPULAÇÃO EXCLUSIVAMENTE USUÁRIA SUS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO Boletim 1. Ano 1** São Paulo Prefeitura de São Paulo, , 2010. . Disponível em: <<http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/saude/arquivos/boletimeletronico/n01popsus.pdf>>.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualar**. Disponível em: <<http://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/>>. Acesso em: 10 out. 2017.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>.

CHEN, Y.; BREITHAUPT, K.; MUHAJARINE, N. Occurrence of chronic obstructive pulmonary disease among Canadians and sex-related risk factors. **Journal of Clinical Epidemiology**, v. 53, n. 7, p. 755–761, 2000.

CHIQUELLO, J. B. **A distribuição espacial da concentração de ozônio troposférico associada ao uso do solo na região metropolitana de São Paulo**. 2016. Universidade de São Paulo, 2016.

CHOI, I. S. Gender-specific asthma treatment. **Allergy, Asthma and Immunology Research**, v. 3, n. 2, p. 74–80, 2011.

COELHO, M. de S. Z. S.; GONÇALVES, F. L. T.; LATORRE, M. do R. D. de O. Statistical analysis aiming at predicting respiratory tract disease hospital admissions from environmental variables in the city of São Paulo. **Journal of environmental and public health**, v. 2010, p. 209270, 2010. Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77955360979&partnerID=tZOtx3y1>>.

CONCEIÇÃO, G. M. S.; MIRAGLIA, S. G. E. K.; KISHI, H. S.; SALDIVA, P. H. N.;

SINGER, J. M. Air Pollution and Child Mortality : A Time – Series Study in São Paulo , Brazil. v. 109, n. July 2000, p. 347–350, 2001.

COURNANE, S.; BYRNE, D.; CONWAY, R.; O'RIORDAN, D.; COVENEY, S.; SILKE, B. Social deprivation and hospital admission rates, length of stay and readmissions in emergency medical admissions. **European Journal of Internal Medicine**, v. 26, n. 10, p. 766–771, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejim.2015.09.019>>.

DANG, T. N.; SEPOSO, X. T.; DUC, N. H. C.; THANG, T. B.; AN, D. D.; HANG, L. T. M.; LONG, T. T.; LOAN, B. T. H.; HONDA, Y. Characterizing the relationship between temperature and mortality in tropical and subtropical cities: A distributed lag non-linear model analysis in Hue, Viet Nam, 2009-2013. **Global Health Action**, v. 9, n. 1, 2016.

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE - DATASUS. **SIHSUS - Sistema de Informações Hospitalares do SUS**. Disponível em: <<http://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 10 out. 2016.

EAGAN, T. M. L.; GULSVIK, A.; EIDE, G. E.; BAKKE, P. S. The effect of educational level on the incidence of asthma and respiratory symptoms. **Respiratory Medicine**, v. 98, n. 8, p. 730–736, 2004.

FANGER, P. O. **Thermal comfort, analysis and application in environmental engineering**. Nova York: McGraw Hill, 1972.

FOTHERINGHAM, STEWART A; BRUNSDSON, CHRIS; CHARLTON, M. **Geographically Weighted Regression: The Analysis of Spatially Varying Relationships**. 1. ed. Chichester: Wiley, 2007.

FREITAS, A. R. R.; DONALISIO, M. R. Respiratory syncytial virus seasonality in Brazil: Implications for the immunisation policy for at-risk populations. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 111, n. 5, p. 294–301, 2016.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 5ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GALVANI, E.; AZEVEDO, T. R. A frente polar atlântica e as características de tempo associadas: estudo de caso. In: GALVANI, E.; LIMA, N. G. B. (Ed.). **Climatologia Aplicada - Resgate Aos Estudos De Caso**. 1. ed. Curitiba: Crv, 2012. p. 7–18.

GARCIA-CHEVESICH, P. A.; ALVARADO, S.; NEARY, D. G.; VALDES, R.; VALDES, J.; AGUIRRE, J. J.; MENA, M.; PIZARRO, R.; JOFRÉ, P.; VERA, M.; OLIVARES, C. Respiratory disease and particulate air pollution in Santiago Chile: Contribution of erosion particles from fine sediments. **Environmental Pollution**, v. 187, p. 202–205, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.028>>.

GASPARRINI, A. Distributed Lag Linear and Non-Linear Models in R: The Package dlnm. **Journal of statistical software**, v. 43, n. 8, p. 1–20, 2011.

GASPARRINI, A. Modeling exposure-lag-response associations with distributed lag non-linear models. **Statistics in Medicine**, v. 33, n. 5, p. 881–899, 2014.

GASPARRINI, A.; ARMSTRONG, B.; KENWARD, M. G. Distributed lag non-linear models. **Statistics in Medicine**, v. 29, n. 21, p. 2224–2234, 2010.

GOBO, J. P. A. **Regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano**. 2013. Universidade de São Paulo, 2013.

GOUVEIA, N.; FREITAS, C. U. De; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. iv. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 12, p. 2669–2677, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n12/15.pdf>>.

GREEN, H. K.; ANDREWS, N.; ARMSTRONG, B.; BICKLER, G.; PEBODY, R. Mortality during the 2013 heatwave in England - How did it compare to previous heatwaves? A retrospective observational study. **Environmental Research**, v. 147, p. 343–349, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.02.028>>.

GREENE, W. H. **Econometric Analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. v. 97

GRIGSBY, M.; SIDDHARTHAN, T.; CHOWDHURY, M.; SIDDIQUEE, A.; RUBINSTEIN, A.; SOBRINO, E.; MIRANDA, J. J.; BERNABE-ORTIZ, A.; ALAM, D.; CHECKLEY, W. Socioeconomic status and COPD among low- and middle-income countries. **International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease**, v. Volume 11, p. 2497–2507, 2016. Disponível em: <<https://www.dovepress.com/socioeconomic-status--and-copd-among-low--and-middle-income-countries-peer-reviewed-article-COPD>>.

HANNA, E. G.; TAIT, P. W. Limitations to thermoregulation and acclimatization challenge human adaptation to global warming. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 12, n. 7, p. 8034–8074, 2015.

HAWKER, J. I.; OLOWOKURE, B.; SUFI, F.; WEINBERG, J.; GILL, N.; WILSON, R. C. Social deprivation and hospital admission for respiratory infection: Ecological study. **Respiratory Medicine**, v. 97, n. 11, p. 1219–1224, 2003.

HAYES, D.; COLLINS, P. B.; KHOSRAVI, M.; LIN, R. L.; LEE, L. Y. Bronchoconstriction triggered by breathing hot humid air in patients with asthma role of cholinergic reflex. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 185, n. 11, p. 1190–1196, 2012.

HOFFMANN, R.; BORSBOOM, G.; SAEZ, M.; MARI DELL'OLMO, M.; BURSTRÖM, B.; CORMAN, D.; COSTA, C.; DEBOOSERE, P.; DOMÍNGUEZ-BERJÓN, M. F.; DZÚROVÁ, D.; GANDARILLAS, A.; GOTSSENS, M.; KOVÁCS, K.; MACKENBACH, J.; MARTIKAINEN, P.; MAYNOU, L.; MORRISON, J.; PALÈNCIA, L.; PÉREZ, G.; PIKHART, H.; RODRÍGUEZ-SANZ, M.; SANTANA, P.; SAURINA, C.; TARKIAINEN, L.; BORRELL, C. Social differences in avoidable mortality between small areas of 15 European cities: An ecological study. **International Journal of Health Geographics**, v. 13, p. 11, 2014.

HÖPPE, P. Die Physiologisch Äquivalente Temperatur PET. **Annalen der Meteorologie**, 33, p. 108–112, 1997.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>. Acesso em: 20 out. 2017.

ISLAM, M. S.; CHAUSSALET, T. J.; KOIZUMI, N. Towards a threshold climate for emergency lower respiratory hospital admissions. **Environmental Research**, v. 153, n. May 2015, p. 41–47, 2017. Disponível em:

<<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.11.011>>.

KANERVISTO, M.; VASANKARI, T.; LAITINEN, T.; HELIÖVAARA, M.; JOUSILAHTI, P.; SAARELAINEN, S. Low socioeconomic status is associated with chronic obstructive airway diseases. **Respiratory Medicine**, v. 105, n. 8, p. 1140–1146, 2011.

KAUHL, B.; MAIER, W.; SCHWEIKART, J.; KESTE, A.; MOSKWYN, M. Who is where at risk for Chronic Obstructive Pulmonary Disease? A spatial epidemiological analysis of health insurance claims for COPD in Northeastern Germany. **Plos One**, v. 13, n. 2, p. e0190865, 2018. Disponível em: <<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0190865>>.

KOCH, T.; DENIKE, K. Essential, Illustrative, or ... Just Propaganda? Rethinking John Snow's Broad Street Map. **Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization**, v. 45, n. 1, p. 19–31, 2010. Disponível em: <<http://utpjournals.metapress.com/openurl.asp?genre=article&id=doi:10.3138/carto.45.1.19>>.

KOSKELA, H.; TUKIAINEN, H.; KONONOFF, A.; PEKKARINEN, H. Effect of whole-body exposure to cold and wind on lung function in asthmatic patients. **Chest**, v. 105, n. 6, p. 1728–1731, 1994. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1378/chest.105.6.1728>>.

LACAZ, C. da S.; BARUZZI, R. G.; SIQUEIRA-JÚNIOR, W. **Introdução à Geografia Médica do Brasil**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972.

LAM, H. C. Y.; LI, A. M.; CHAN, E. Y. Y.; GOGGINS, W. B. The short-term association between asthma hospitalisations, ambient temperature, other meteorological factors and air pollutants in Hong Kong: A time-series study. **Thorax**, v. 71, n. 12, p. 1097–1109, 2016.

LEE, H. J.; JIN, M. H.; LEE, J. H. The association of weather on pediatric emergency department visits in Changwon, Korea (2005-2014). **Science of the Total Environment**, v. 551–552, p. 699–705, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.015>>.

LI, D.; WANG, J.; ZHANG, Z.; SHEN, P.; ZHENG, P.; JIN, M.; LU, H. Effects of air pollution on hospital visits for pneumonia in children : a two-year analysis from China. 2018.

LI, K.; NI, H.; YANG, Z.; WANG, Y.; DING, S.; WEN, L.; YANG, H.; CHENG, J.; SU, H. Effects of temperature variation between neighbouring days on daily hospital visits for childhood asthma: a time-series analysis. **Public Health**, v. 136, p. 133–140, 2016.

LI, Y. R.; XIAO, C. C.; LI, J.; TANG, J.; GENG, X. Y.; CUI, L. J.; ZHAI, J. X. Association between air pollution and upper respiratory tract infection in hospital outpatients aged 0 e 14 years in Hefei , China : a time series study. v. 6, 2017.

LIN, W.; CHEN, Z.; KONG, M.; XIE, Y. Ambient Air Pollution and Health Impact in China. v. 1017, p. 153–180, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-5657-4>>.

MARÍ-DELL'OLMO, M.; GOTSSENS, M.; PALÈNCIA, L.; BURSTRÖM, B.; CORMAN, D.; COSTA, G.; DEBOOSERE, P.; DÍEZ, È.; DOMÍNGUEZ-BERJÓN, F.; DZÚROVÁ,

D.; GANDARILLAS, A.; HOFFMANN, R.; KOVÁCS, K.; MARTIKAINEN, P.; DEMARIA, M.; PIKHART, H.; RODRÍGUEZ-SANZ, M.; SAEZ, M.; SANTANA, P.; SCHWIERZ, C.; TARKIAINEN, L.; BORRELL, C. Socioeconomic inequalities in cause-specific mortality in 15 European cities. **Journal of Epidemiology and Community Health**, v. 69, n. 5, p. 432–441, 2015.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized Linear Models, Second Edition**. 2ª ed. London; New York: Chapman and Hall, 1989.

MIELCK, A.; REITMEIR, P.; WJST, M. Severity of childhood asthma by socioeconomic status. **International Journal of Epidemiology**, v. 25, n. 2, p. 388–393, 1996.

MIRANDA, M. J.; COSTA, C.; SANTANA, P.; BARROZO, L. V. Associação espacial entre variáveis socioeconômicas e risco relativo de nascimentos pré-termo na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) e na área Metropolitana de Lisboa (AML). **Saude e Sociedade**, v. 23, n. 4, p. 1142–1153, 2014.

MISSENARD, A. **L'Homme at lê climat**. Paris: Librairie Plon, 1937.

MONTEIRO, C. A. de F. **A Frente Polar Atlântica e as Chuvas de Inverno na Fachada Sul-oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil.)**. 1969. Universidade de São Paulo, 1969.

MONTEIRO, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia – problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Climatologia**, v. 1, p. 1–21, 1971.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano. São Paulo**. 1976. Universidade de São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. de F. Teoria e clima urbano. In: **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 09-68.

MUENCHHOFF, M.; GOULDER, P. J. R. Sex differences in pediatric infectious diseases. **Journal of Infectious Diseases**, v. 209, n. SUPPL. 3, 2014.

MUGGEO, V. M.; HAJAT, S. Modelling the non-linear multiple-lag effects of ambient temperature on mortality in Santiago and Palermo: A constrained segmented distributed lag approach. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 66, n. 9, p. 584–591, 2009.

NEDEL, A. S.; GONÇALVES, F. L. T.; CARDOSO, M. R. A.; OYOLA, P. T. Evaluation of thermal simulation of households in the metropolitan region of São Paulo, Brazil. **Ecotoxicology**, v. 18, n. 8, p. 1143–1149, 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10646-009-0379-1>>.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NORBÄCK, D.; ZOCK, J. P.; PLANA, E.; HEINRICH, J.; TISCHER, C.; JACOBSEN BERTELSEN, R.; SUNYER, J.; KÜNZLI, N.; VILLANI, S.; OLIVIERI, M.; VERLATO, G.; SOON, A.; SCHLÜNSSEN, V.; GUNNBJÖRNSDOTTIR, M. I.; JARVIS, D. Building dampness and mold in European homes in relation to climate, building characteristics and socio-economic status: The European Community Respiratory Health Survey ECRHS II. **Indoor Air**, v. 27, n. 5, p. 921–932, 2017.

O' LENICK, C. R.; CHANG, H. H.; KRAMER, M. R.; WINQUIST, A.; MULHOLLAND, J. A.; FRIBERG, M. D.; SARNAT, S. E. Ozone and childhood respiratory disease in three US cities: evaluation of effect measure modification by neighborhood socioeconomic status using a Bayesian hierarchical approach. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 16, n. 1, p. 1–15, 2017a.

O' LENICK, C. R.; WINQUIST, A.; CHANG, H. H.; KRAMER, M. R.; MULHOLLAND, J. A.; GRUNDSTEIN, A.; EBELT, S. Evaluation of individual and area-level factors as modifiers of the association between warm-season temperature and pediatric asthma morbidity in Atlanta, GA. **Environmental Research**, v. 156, n. March, p. 132–144, 2017b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.021>>.

PAULA, G. a. **MODELOS DE REGRESSÃO com apoio computacional**. Disponível em: <<http://www.ime.usp.br/?giapaula/mlgs.html>>. Acesso em: 23 dez. 2017.

PEIXOTO, A. **Clima e saúde**. São Paulo: Editora Nacional, 1938.

POPE, C. A.; DOCKERY, D. W. Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. **Journal of the Air and Waste Management Association**, v. 56, n. 6, p. 709–742, 2006.

RIBEIRO, HELENA; AZEVEDO, T. R. O patrimônio em áreas verdes da USP e a atmosfera urbana. In: LANNA, A. L. D. (Ed.). **Meio Ambiente: Patrimônio Cultural da USP**. São Paulo: Edusp, 2003. p. 18–40.

RIBEIRO, H. Patologias do ambiente urbano: Desafios para a Geografia da Saúde. In: SILVEIRA, M. L. ET AL. (Ed.). **Questões territoriais na América Latina**. São Paulo: Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo, 2006. p. 273–296.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H. C. Urbanização, globalização e saúde. **Revista USP**, p. 13–26, 2015.

ROJAS, L. I. Geografía y salud : temas y perspectivas en América Latina. **Cad. Saúde Pública**, v. 14, n. 4, p. 701–711, 1998. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0102-311X1998000400012>>.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. MAPA GEOMORFOLÓGICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 10, p. 41–56, 1996.

RUE, H.; MARTINO, S.; CHOPIN, N. {Approximate {B}ayesian Inference for Latent {G}aussian Models Using Integrated Nested {L}aplace Approximations} Preprint Statistics no.1/2007. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. Series B, n. 2001, p. 40, 2007.

SALDIVA, P. H. N.; LICHTENFEKS, A. J. F. C.; PAIVA, P. S. O.; BARONE, I. A.; MARTINS, M. A.; MASSAD, E.; PEREIRA, J. C. R.; XAVIER, V. P.; SINGER, J. M.; BÖHM, G. M. Association between Air Pollution and Mortality Due to Respiratory Diseases in Children In São Paulo, Brazil: A Preliminary Report. **Environmental Research**, v. 65, p. 218–225, 1994.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Histria da Climatologia no Brasil**. 2001. Universidade Estadual de São Paulo - UNESP, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista ANPEGE**, v. 4, p. 51–72, 2008.

SANTANA, P. **Geografias da saúde e do desenvolvimento - Evolução e Tendências em Portugal**. Coimbra: Almedina, 2005.

SANTANA, P.; COSTA, C.; CARDOSO, G.; LOUREIRO, A.; FERRÃO, J. Suicide in Portugal: Spatial determinants in a context of economic crisis. **Health and Place**, v. 35, p. 85–94, 2015a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.healthplace.2015.07.001>>.

SANTANA, P.; COSTA, C.; MARÍ-DELL'OLMO, M.; GOTSSENS, M.; BORRELL, C. Mortality, material deprivation and urbanization: Exploring the social patterns of a metropolitan area. **International Journal for Equity in Health**, v. 14, n. 1, p. 1–13, 2015b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s12939-015-0182-y>>.

SANTOS, D. A. da S.; AZEVEDO, P. V. de; OLINDA, R. A. de; SANTOS, C. A. C. dos; SOUZA, A. de; SETTE, D. M.; SOUZA, P. M. de. A relação das variáveis climáticas na prevalência de infecção respiratória aguda em crianças menores de dois anos em Rondonópolis-MT, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 22, n. 11, p. 3711–3722, 2017. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232017021103711&lng=pt&tlng=pt>.

SARTORI, M. G. B. **Clima e Percepção**. 2000. Universidade de São Paulo, 2000.

SECRETARIA DO VERDE E MEIO AMBIENTE. **ATLAS AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, (2002)**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br>>.

SETTE, D. M.; RIBEIRO, H.; SILVA, E. N. O Índice De Temperatura Fisiológica Equivalent (Pet) Aplicado a Londrina - Pr . E Sua Relação Com As Doenças Respiratórias. p. 813–825, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n12/15.pdf>>.

SHERBAKOV, T.; MALIG, B.; GUIRGUIS, K.; GERSHUNOV, A.; BASU, R. Ambient temperature and added heat wave effects on hospitalizations in California from 1999 to 2009. **Environmental Research**, v. 160, n. May 2017, p. 83–90, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.052>>.

SHOHAIMI, S.; WELCH, A.; BINGHAM, S.; LUBEN, R.; DAY, N.; WAREHAM, N.; KHAW, K. T. Area deprivation predicts lung function independently of education and social class. **European Respiratory Journal**, v. 24, n. 1, p. 157–161, 2004.

SONG, X.; WANG, S.; LI, T.; TIAN, J.; DING, G.; WANG, J.; WANG, J.; SHANG, K. The impact of heat waves and cold spells on respiratory emergency department visits in Beijing, China. **Science of the Total Environment**, v. 615, n. 222, p. 1499–1505, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.108>>.

SORRE, M. Fundamentos Biológicos de la Geografía Humana. Editorial Juventud, S.A. Provenza, 101, Barcelona. p.343, 1955.

SOUZA, A. de; FERNANDES, W. A.; PAVÃO, H. G.; LASTORIA, G.; ALBREZ, E. do A. Potential impacts of climate variability on respiratory morbidity in children, infants, and adults. **J Bras Pneumol**, v. 38, n. 6, p. 708–715, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v38n6/en_v38n6a05.pdf>.

SUPING, Z.; GUANGLIN, M.; YANWEN, W.; JI, L. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance

runners. **International Journal of Biometeorology**, v. 36, n. 2, p. 63–68, 1992.

TANG, J. W. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. **Journal of The Royal Society Interface**, v. 6, n. Suppl_6, p. S737–S746, 2009. Disponível em: <<http://rsif.royalsocietypublishing.org/cgi/doi/10.1098/rsif.2009.0227.focus>>.

TANG, J. W.; LAI, F. Y. L.; WONG, F.; HON, K. L. E. Incidence of common respiratory viral infections related to climate factors in hospitalized children in Hong Kong. **Epidemiology and Infection**, v. 138, n. 2, p. 226–235, 2010.

TANG, J.; XIAO, C.; LI, Y.; ZHANG, J.; ZHAI, H.; GENG, X.; DING, R.; ZHAI, J. Effects of diurnal temperature range on mortality in Hefei city, China. **International Journal of Biometeorology**, 2017. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s00484-017-1486-y>>.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas urbanos. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Ed.). **Os climas na cidade de São Paulo**. 4. ed. São Paulo: GEOUSP, 2001. p. 199.

TESTI, A.; IVALDI, E. Material versus social deprivation and health: A case study of an urban area. **European Journal of Health Economics**, v. 10, n. 3, p. 323–328, 2009.

THAM, R.; DHARMAGE, S. C.; LOWE, A. J.; BOWATTE, G.; KATELARIS, C. H.; BURTON, P.; VICENDESE, D.; ERBAS, B.; TAYLOR, P.; ABRAMSON, M. J. The role of outdoor fungi on asthma hospital admissions in children and adolescents: A 5-year time stratified case-crossover analysis. **Environmental Research**, v. 154, n. July 2016, p. 42–49, 2017a. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2016.12.016>>.

THAM, R.; VICENDESE, D.; DHARMAGE, S. C.; HYNDMAN, R. J.; NEWBIGIN, E.; LEWIS, E.; O'SULLIVAN, M.; LOWE, A. J.; TAYLOR, P.; BARDIN, P.; TANG, M. L. K.; ABRAMSON, M. J.; ERBAS, B. Associations between outdoor fungal spores and childhood and adolescent asthma hospitalizations. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 139, n. 4, p. 1140–1147.e4, 2017b. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2016.06.046>>.

THOUEZ, J.-P. **Santé, maladies et environnement**. Paris: Anthropos, 2005.

TISCHER, C. G.; HEINRICH, J. Exposure assessment of residential mould, Fungi and microbial components in relation to children's health: Achievements and challenges. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 216, n. 2, p. 109–114, 2013.

TU, J.; INTHAVONG, K.; AHMADI, G. The Human Respiratory System. In: TU, J.; INTHAVONG, K.; AHMADI, G. (Ed.). **Computational Fluid and Particle Dynamics in the Human Respiratory System**. Dordrecht: Springer, 2013. p. 19–44.

UNGAR, W. J.; PATERSON, M.; GOMES, T.; BIKANGAGA, P.; GOLD, M.; TO, T.; KOZYRSKYJ, A. L. Relationship of asthma management, socioeconomic status, and medication insurance characteristics to exacerbation frequency in children with asthma. **Ann Allergy Asthma Immunol.**, p. 17–23, 2011.

VERAS, C. M. T.; MARTINS, M. S. A confiabilidade dos dados nos formulários de Autorização de Internação Hospitalar (AIH), Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de**

Saúde Pública, v. 10, n. 3, p. 339–355, 1994.

WHO, W. H. O.-. **Chronic respiratory diseases**. Disponível em: <<http://www.who.int/respiratory/en/>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

WHO, W. H. O. **Global surveillance, prevention and control of chronic respiratory diseases : a comprehensive approach**. [s.l.] World Health Organization, 2007, 2007.

WHO, W. H. O. **WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould**. [s.l.: s.n.].

WORLD HEALTH ORGANISATION. Rules and guidelines for mortality and morbidity coding. **International Classification of Diseases and Related Health Problems. Tenth Revision. Volume 2**, p. 31–92, 2004. Disponível em: <www.who.int/classifications>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Health Effects of Particulate Matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. **Journal of the Korean Medical Association**, v. 50, n. 2, p. 20, 2013. Disponível em: <<http://synapse.koreamed.org/DOLx.php?id=10.5124/jkma.2007.50.2.175>>.

XU, Z.; ETZEL, R. A.; SU, H.; HUANG, C.; GUO, Y.; TONG, S. Impact of ambient temperature on children's health: A systematic review. **Environmental Research**, v. 117, p. 120–131, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2012.07.002>>.

XU, Z.; HUANG, C.; HU, W.; TURNER, L. R.; SU, H.; TONG, S. Extreme temperatures and emergency department admissions for childhood asthma in Brisbane, Australia. **Occupational and Environmental Medicine**, v. 70, n. 10, p. 730–735, 2013.

XU, Z.; SHEFFIELD, P. E.; SU, H.; WANG, X.; BI, Y.; TONG, S. The impact of heat waves on children's health: A systematic review. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 2, p. 239–247, 2014.

YANG, J.; OU, C.-Q.; DING, Y.; ZHOU, Y.-X.; CHEN, P.-Y. Daily temperature and mortality: a study of distributed lag non-linear effect and effect modification in Guangzhou. **Environmental Health**, v. 11, n. 1, p. 63, 2012. Disponível em: <<http://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-11-63>>.

ANEXOS

Anexo A: Histogramas do total de interações, temperatura média do ar, precipitação, umidade relativa do ar, TE e TEv.

Anexo B: Boxplot das variáveis por ano e estação

Anexo C: Matriz de Correlação, Boxplot e Gráfico de Dispersão para as Variáveis Quantitativas

Anexo D: Envelope Binomial negativa 2003 a 2013, 2004 e 2005

2003 a 2013

2004

2005

Anexo E: Diagnóstico Binomial Negativa – 2003 a 2013, 2004 e 2005

2003 a 2013

2004

2005