

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Steffani Nikoli Dapper

**ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NA
SAÚDE DA POPULAÇÃO DE CANOAS/RS**

Santa Maria, RS
2016

Steffani Nikoli Dapper

**ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NA SAÚDE DA
POPULAÇÃO DE CANOAS/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

Orientadora: Prof. Dra. Roselaine Ruviaro Zanini

Santa Maria, RS

2016

Steffani Nikoli Dapper

**ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NA SAÚDE DA
POPULAÇÃO DE CANOAS/RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de Concentração em Gerência da Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção**.

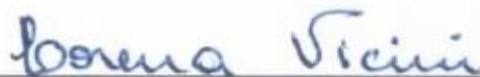
Aprovado em 29 de agosto de 2016:



**Roselaine Ruviano Zanini, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientador)**



Luciane Flores Jacobi, Dra. (UFSM)



Lorena Vicini, Dra. (UFFS)

Santa Maria, RS

2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família que sempre me incentivou a estudar e a lutar pelos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado graças à compreensão e ajuda de pessoas muito especiais em minha vida. Deixo aqui o meu agradecimento:

- Aos meus pais, Seno e Elenir, ao meu irmão Stefano e ao meu namorado Saulo Gabriel, por me ensinarem valores como a educação, a humildade, a paciência, a coragem e o amor ao próximo. Por sempre me inspirarem a ser uma pessoa melhor. Obrigada por tudo.

- À minha querida orientadora Dra. Roselaine Ruviano Zanini a qual me iluminou durante toda a caminhada, me ensinou muito, me mostrou e despertou em mim uma vontade de querer aprender cada vez mais sobre muitos temas e, principalmente, sobre estatística.

- Ao professor Adriano por também despertar em mim o gosto pela estatística e por me ensinar muito durante todo o mestrado. Pelas alegrias compartilhadas e pelos momentos de amizade vividos com o grupo.

- À professora Luciane e à professora Anaelena as quais me ensinaram muito. Deixo a minha admiração pelo exemplo de professoras que são.

- As amigas de toda a vida Fernanda Duarte Siqueira, Erisvanda Duarte Siqueira e Ana Luiza Lunardi pelos anos de amizade verdadeira, pela lealdade e pelos momentos felizes juntas.

- Aos colegas de laboratório, os quais dividi muitos momentos de alegrias e de aprendizado. Com certeza me deram muita força e coragem nesta caminhada. Em especial deixo meu carinho pelas colegas Angelica Peripolli, Claudia Ramser e Maiara Noronha por toda a amizade, compreensão e alegrias compartilhadas.

- À banca, pelo aceite do convite e pelas considerações dadas, as quais foram muito importantes para a conclusão deste trabalho, muito obrigada.

- Ao Márcio D'avila Vargas, chefe do PROAR - FEPAM, o qual não mediu esforços para conceder os dados necessários para a realização desta pesquisa.

- Aos funcionários da secretaria do PPGEP, Márcia e Fernando pela eficiência nos serviços e pela atenção recebida quando necessitei de ajuda.

- À Universidade Federal de Santa Maria, pela oportunidade de realizar um sonho.

- À CAPES, pela bolsa de estudos concedida durante o mestrado.

RESUMO

ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO DOS EFEITOS DA POLUIÇÃO DO AR NA SAÚDE DA POPULAÇÃO DE CANOAS/RS

AUTORA: Steffani Nikoli Dapper
ORIENTADORA: Roselaine Ruviaro Zanini

A poluição atmosférica pode ser decorrente de diversas atividades econômicas, como também de fenômenos naturais. Independentemente do fator gerador, ela exerce influência no meio ambiente e na qualidade de vida dos seres humanos. Além de prejudicar a fauna e a flora, a poluição atmosférica é capaz de afetar a saúde das pessoas. No Brasil, as pesquisas analisando os efeitos da poluição do ar na saúde se concentram no estado de São Paulo, sendo poucos os estudos desenvolvidos em outras regiões do país. Esta pesquisa foi realizada no município de Canoas/RS e teve o objetivo de analisar a associação de poluentes (PM_{10} , O_3 , CO, SO_2) com o número de internações, em 2014, por doenças respiratórias em menores de 14 anos e maiores de 60 anos. Foi utilizada a regressão Binomial Negativa devido à presença de sobredispersão nos dados. Foram estimados os riscos relativos (RR) para defasagens (Lag) de até sete dias, bem como o risco relativo percentual (RR%) para o incremento de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} e do incremento da diferença interquartilica dos demais poluentes. Foi observado que ocorreram, no município de Canoas, 3080 internações por doenças respiratórias, em maior número nos idosos, sendo esta a principal causa de óbito na cidade, no período analisado. Com os resultados deste estudo, foi possível verificar a associação do PM_{10} (Lag 0, Lag 1 e Lag 3), do O_3 (Lag 0) e do SO_2 (Lag 5) com internações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes, e do CO (Lag 0, Lag 4, Lag 6 e Lag 7) e do O_3 (Lag 3), com o número de internações por doenças respiratórias em idosos. Tais resultados confirmam fortes indícios de que a poluição do ar é fator de risco importante para o surgimento e agravamento de problemas respiratórios no município de Canoas, alertando para a necessidade de ações efetivas para a redução da emissão de poluentes.

Palavras-chave: Poluição do ar. Doenças respiratórias. Regressão Binomial Negativa.

ABSTRACT

ASSOCIATION STUDY OF EFFECTS OF AIR POLLUTION IN THE HEALTH OF CANOAS/RS POPULATION

AUTHOR: Steffani Nikoli Dapper
ADVISOR: Roselaine Ruviaro Zanini

Air pollution may be due to various economic activities, as well as natural phenomena. Regardless of the generating factor, it influences the environment and quality of life of human beings. In addition to damage the fauna and flora, air pollution can affect people's health. In Brazil, the researchers are concentrated in the state of São Paulo, with few studies in other regions of the country. This study was realized in the city of Canoas/RS and aimed to analyze the association of pollutants (PM_{10} , O_3 , CO, SO_2) with the number of hospitalizations, in 2014, for respiratory diseases in under 14 and over 60 years. Negative Binomial regression was used due to the presence in over dispersed in the data. The relative risks were estimated (RR) for lags (Lag) up to seven days, and the relative percentage risk (RR%) to the increase of 10 mg/m^3 of PM_{10} and increase of difference interquartile of other pollutants. It was observed that occurred in county of Canoas, 3080 hospitalizations by respiratory diseases, in greater numbers in the elderly, which is the main cause of death in the city. With the results of this study, it was possible to verify the association of PM_{10} (Lag 0, Lag 1 and Lag 3), O_3 (Lag 0) and SO_2 (Lag 5) with hospitalizations by respiratory diseases in children and adolescents, and CO (Lag 0, Lag 4, Lag 6 and Lag 7) and O_3 (Lag 3), with the number of hospitalizations for respiratory diseases in the elderly. These results confirm strong evidence that air pollution is an important risk factor for the onset and worsening of respiratory problems in county of Canoas, stressing the need for effective action to reduce emissions.

Keys words: Air pollution. Respiratory diseases. Negative Binomial regression.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Contribuição das emissões veiculares totais, por Macrorregiões do Estado do Rio Grande do Sul	17
Figura 2 - Participação dos municípios do Rio Grande do Sul para o Índice de Potencial Poluidor.....	18
Figura 3- Deposição de matéria particulada no aparelho respiratório	22
Figura 4 - Municípios pertencentes a região metropolitana de Porto Alegre (RMPA)	47

ARTIGO 2: ASSOCIAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES HOSPITALARES E POLUENTES NA POPULAÇÃO DE CRIANÇAS, ADOLESCENTES E IDOSOS DO MUNICÍPIO DE CANOAS/RS

Figura 1- Série das médias diárias e máximas diárias dos poluentes, no período de 2014, em Canoas/RS.....	74
Figura 2 - Série do número de internações em <14 anos e >60 anos, da temperatura mínima e da umidade relativa média do ar, no período de 2014, em Canoas/RS.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos da rede automática de monitoramento do ar no Rio Grande do Sul.....	19
Tabela 2 - Fontes e características de alguns poluentes	20
Tabela 3 - Efeitos dos principais poluentes na saúde	21
Tabela 4 - Estudos do efeito da poluição do ar na saúde realizados no estado de São Paulo ..	27
Tabela 5 - Estudos da poluição do ar e os efeitos na saúde em alguns estados do Brasil	31
Tabela 6 - Poluentes, doenças e faixas etárias estudadas em pesquisas no Brasil	33
Tabela 6 - Poluentes, doenças e faixas etárias estudadas em pesquisas no Brasil	34
Tabela 7 - Estudos da associação dos poluentes atmosféricos com efeitos na saúde desenvolvidos em outros países	36
Tabela 8 - Principais doenças e poluentes estudados nos estudos internacionais analisados ..	38
Tabela 9 - Modelos estatísticos utilizados em estudos brasileiros para avaliar o impacto da poluição do ar na saúde	40

ARTIGO 1: POLUIÇÃO DO AR COMO FATOR DE RISCO PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NO ESTADO DE SÃO PAULO

Tabela 1 - Pesquisas no estado de São Paulo sobre o efeito da poluição do ar na saúde.....	54
Tabela 2 - Principais doenças e poluentes estudados no estado de São Paulo 2010-2015.....	58

ARTIGO 2: ASSOCIAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES HOSPITALARES E POLUENTES NA POPULAÇÃO DE CRIANÇAS, ADOLESCENTES E IDOSOS DO MUNICÍPIO DE CANOAS/RS

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das internações, dos poluentes e das variáveis meteorológicas em Canoas/RS no ano de 2014	72
Tabela 2 - Matriz de correlação entre o número de internações de crianças/adolescentes e idosos, poluentes e variáveis meteorológicas.....	73
Tabela 3 - Resultados do ajuste da regressão Binomial Negativa para o número de internações por doenças respiratórias para <14 anos	76
Tabela 4 - Resultados do ajuste da regressão binomial negativa para o número de internações por doenças respiratórias para > 60 anos	77
Tabela 5 - Ajustes dos novos modelos da regressão Binomial Negativa com os coeficientes significativos para cada estrutura de defasagem.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CID	Classificação Internacional de Doenças
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
ES	Espírito Santo
FEE	Fundação de Economia e Estatística
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPP-I	Índice de Potencial Poluidor da Indústria
IVAS	Infecção das Vias Aéreas Superiores
MAG	Modelos Aditivos Generalizados
MG	Minas Gerais
MLG	Modelo Linear Generalizado
MRLM	Modelo de Regressão Linear Múltipla
MT	Mato Grosso
NO _x	Óxidos de Nitrogênio
O ₃	Ozônio
PASW	Predictive Analytics Software
PCPV	Programa de Controle de Poluição Veicular
PI	Partículas Inaláveis
PM ₁₀	Material Particulado Inalável
PR	Paraná
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RMPA	Região Metropolitana de Porto Alegre
RN	Rio Grande do Norte
RR	Risco Relativo
RR%	Risco Relativo Percentual
RS	Rio Grande do Sul
SIH	Sistema de Informações Hospitalares
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SUS	Sistema Único de Saúde
SP	São Paulo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA	12
1.2 PROBLEMÁTICA	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 QUALIDADE DO AR	15
2.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO RIO GRANDE DO SUL	16
2.3 POLUENTES ATMOSFÉRICOS: PRINCIPAIS EFEITOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE.....	19
2.3.1 Material particulado (PM₁₀)	21
2.3.2 Ozônio (O₃)	23
2.3.3 Óxidos de nitrogênio (NO_x)	24
2.3.4 Dióxido de enxofre (SO₂) e aerossóis ácidos	24
2.3.5 Monóxido de carbono (CO)	25
2.4 QUALIDADE DO AR E OS EFEITOS NA SAÚDE.....	25
2.4.1 Poluição do ar e os efeitos na saúde: estudos nacionais	26
2.4.2 Poluição do ar e os efeitos na saúde: estudos internacionais	35
3 MODELOS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS PARA ANALISAR O EFEITO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA SAÚDE	39
3.1 MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (MLG's).....	41
3.1.1 Regressão	42
3.1.2 Modelo de regressão de Poisson	43
3.1.3 Modelo de Regressão Binomial Negativo	44
3.1.4 Risco relativo	45
4 MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	46
4.2 LOCAL E TIPO DE ESTUDO	46
4.3 COLETA DE DADOS	47
4.4 ANÁLISE DOS DADOS	48
5 ARTIGO 1: POLUIÇÃO DO AR COMO FATOR DE RISCO PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NO ESTADO DE SÃO PAULO	50
6 ARTIGO 2: ASSOCIAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES HOSPITALARES E POLUENTES NA POPULAÇÃO DE CRIANÇAS, ADOLESCENTES E IDOSOS DO MUNICÍPIO DE CANOAS/RS	66
7 DISCUSSÃO	86
8 CONCLUSÃO	88
REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica pode ser decorrente de diversas atividades econômicas, como também de fenômenos naturais. Independentemente do fator gerador, ela exerce influência no meio ambiente e na qualidade de vida dos seres humanos.

No começo do século XX a água potável e a produção de alimentos no mundo eram vistas como fatores preocupantes ao futuro dos seres humanos. O ar necessário para a respiração de todos os seres vivos da Terra ainda não era abordado de forma tão evidente, pois acreditava-se que este estaria constantemente disponível de forma adequada a manter a vida no planeta (RUSSO, 2010).

O ar que se respira é um dos elementos naturais do planeta que mais é agredido pelas ações do crescimento populacional. Indispensável para a sobrevivência da humanidade, uma vez que não se pode deixar de respirar, não recebeu toda a atenção necessária durante a evolução da sociedade, talvez pelo fato de ser abundante, invisível e inodoro, o que permitiu que as suas características, ao longo da evolução humana, fossem mudando (BRAGA et al., 2001).

As atividades industriais e o número crescente da circulação de veículos no mundo, são fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera (CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013). Esta pode ser provida também de fontes naturais como, por exemplo, erupções vulcânicas, bem como pela queima acidental de biomassa (material derivado de plantas ou animais) (CANÇADO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2010).

Castro, Gouveia e Cejudo (2003) salientam que o avanço tecnológico proporcionou um aumento, não só na quantidade de poluentes, mas também em sua variedade, prejudicando a qualidade de vida dos seres humanos e do planeta. Além de oferecer riscos à saúde, a alta concentração de poluentes passou a danificar de maneira agressiva a flora e a fauna. Os efeitos são mais elevados em centros urbanos e atingem muitos indivíduos devido à alta densidade populacional (KLUMPP et al., 2001).

Episódios críticos de poluição, como em 1952 na cidade Londres, em que uma inversão térmica causou um repentino excesso de mortes e um número elevado de atendimentos por problemas respiratórios, chamaram a atenção de autoridades governamentais quanto aos danos que a poluição do ar é capaz de gerar na morbidade e mortalidade das pessoas (MARTINS et al., 2001).

A poluição atmosférica e os efeitos na saúde tem sido foco de estudos epidemiológicos no Brasil e no mundo, apresentando resultados que indicam a associação entre os poluentes e, principalmente, doenças do trato respiratório em crianças (FREITAS et al., 2004;

NASCIMENTO; MÓDOLO; CARVALHO, 2004; GOUVEIA et al., 2006; BRAGA et al., 2007; MOURA et al., 2008; RIBEIRO; PESQUERO, 2010; MORAES et al., 2010; SILVA et al., 2010; AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012; CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013; NEGRISOLI; NASCIMENTO, 2013; SILVA et al., 2013; SOUZA et al., 2014) e idosos (MARTINS et al., 2001; MARTINS et al., 2002; GOUVEIA et al., 2006; BRAGA et al., 2007; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2013).

Doenças cardiovasculares (GOUVEIA et al., 2006; BRAGA et al., 2007), acidente vascular encefálico (NASCIMENTO et al., 2012; GAVINIER; NASCIMENTO, 2014; AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2014), relatos de sibilância (MORAES et al., 2010), incidência e mortalidade por câncer (YANAGI; ASSUNÇÃO; BARROZO, 2012), nascimento de bebês prematuros (LIMA et al., 2014), também foram relacionados com a poluição atmosférica, apresentando resultados positivos na associação com os poluentes analisados.

Estudos sobre a poluição do ar e os efeitos na saúde da população tem demonstrado que, mesmo quando os poluentes se encontram abaixo dos níveis determinados pela legislação, estes são capazes de provocarem efeitos na saúde das pessoas (MARTINS et al., 2002; MORAES et al., 2010; AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012; GAVINIER; NASCIMENTO, 2014).

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Uma parcela das responsabilidades ambientais e sociais se deve as atitudes tomadas pela população e autoridades governamentais. Assim sendo, estes precisam gerenciar seus processos de uma maneira mais equilibrada, buscando minimizar os custos sociais e ambientais. Tal panorama que se formula, encontra reflexos nas atividades da área de engenharia de produção (BATALHA et al., 2008).

Estudos que tratam dos efeitos da interação das pessoas no meio ambiente e as consequências que essas ações podem causar, ampliam a possibilidade da adoção de medidas preventivas capazes de diminuir a degradação ambiental.

O tema do estudo refere-se à investigação da associação da poluição atmosférica com os efeitos na saúde respiratória de crianças/adolescentes e idosos no município de Canoas/RS.

1.2 PROBLEMÁTICA

A sociedade vem ampliando gradativamente a importância das responsabilidades sociais e ambientais atreladas aos processos de produção de bens e serviços. Qualquer

movimento a favor da formulação de modelos de desenvolvimento mais equilibrados, capazes de sustentar uma relação harmônica entre fatores econômicos, sociais e ambientais, vem se destacando nos últimos anos. Isto é mais relevante considerando as alterações climáticas que vem ocorrendo em todo o mundo e os seus possíveis reflexos nas condições de vida no planeta (BATALHA et al., 2008).

Apesar de avanços terem surgido nas últimas décadas, em relação a práticas que proporcionem um ar mais limpo, principalmente nos países desenvolvidos, os atuais níveis de poluição atmosférica continuam a ser considerados danosos para a saúde (GOUVEIA et al., 2006). Sabe-se que, independentemente do principal responsável pelas mudanças climáticas, estas afetam diretamente a qualidade de vida dos seres humanos.

Os problemas causados pela poluição do ar, além de provocarem efeitos na saúde, também geram impactos negativos relativos à perspectiva econômica e social. Fatores como maior vulnerabilidade das populações carentes, aumento de custos dos sistemas de saúde e a queda da produtividade agrícola podem ser vistos como exemplos de problemas causados pela contaminação do ar (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

Neste contexto, a hipótese problema deste estudo é: existe um efeito significativo dos poluentes atmosféricos na saúde respiratória de menores de 14 anos e de maiores de 60 anos no município de Canoas/RS?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Analisar a associação da poluição atmosférica com doenças do trato respiratório em crianças/adolescentes e idosos no município de Canoas/RS.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar análises de estatística descritiva do número de internações por doenças respiratórias, dos poluentes atmosféricos e das variáveis meteorológicas;
- Identificar fatores de risco associados a internações por doenças respiratórias em crianças/adolescentes e idosos;
- Estimar os riscos associados às internações de crianças/adolescentes e idosos considerando diferentes estruturas de defasagens dos poluentes;

1.4 JUSTIFICATIVA

A área da engenharia de produção, além de estudar os processos produtivos, também é responsável por identificar os impactos gerados pelos processos, assim como elaborar estratégias capazes de reduzir ou eliminar quaisquer impactos negativos. Este procedimento é denominado de gerenciamento de risco ambiental e social (BATALHA et al., 2008).

Carneiro (2008) destaca que apesar de algumas mudanças terem ocorrido quanto aos cuidados com o meio ambiente, a demanda crescente de energia mundial, ainda faz com que haja dificuldades na diminuição da dependência do uso de combustíveis fósseis. Os efeitos dos poluentes causados ao meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas, além de afetarem as comunidades próximas à fonte de emissão, podem viajar milhares de quilômetros pela atmosfera, atingindo locais distantes (LEITE et al., 2011).

A Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) é responsável por 40% das emissões de poluentes providas de veículos no estado do Rio Grande do Sul, abrangendo 34 municípios, entre eles, Canoas (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2014).

Os mecanismos pelos quais a poluição do ar interfere na saúde das pessoas ainda não são totalmente conhecidos. Diante disso, estudos epidemiológicos que avaliam esta questão são fundamentais, considerando-se comprovada morbidade respiratória e o efeito negativo que determinados poluentes são capazes de causar na qualidade de vida, sendo as hospitalizações apenas um dos efeitos gerados pela degradação do ar (NEGRISOLI; NASCIMENTO, 2013).

Castro, Gouveia e Cejudo (2003) destacam que para que sejam construídas políticas de saúde ambiental eficazes, torna-se necessário estudos que mostrem a relação entre poluição do ar e a saúde, pois estes podem garantir uma melhoria da qualidade de informação a ser utilizada pelos gestores.

Diante do exposto, este trabalho buscará estimar a associação da poluição do ar com os efeitos na saúde respiratória de crianças/adolescentes e idosos de Canoas, visto que tal análise permitirá estimar os riscos para a saúde da população, sendo este o primeiro passo para um planejamento de ações que permitam um ambiente mais saudável.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 QUALIDADE DO AR

A poluição atmosférica vem ocorrendo há quase 500 anos (FREITAS et al., 2004). Esta é gerada pelo lançamento de partículas e gases prejudiciais à composição da qualidade do ar. Os efeitos refletem na deposição do solo, nos vegetais e nos materiais causando, além de danos à saúde, redução da produção agrícola, danos às florestas, degradação de construções, bem como desequilíbrios nos ecossistemas (QUEIROZ; JACOMINO; MENEZES, 2007).

A contaminação do ar decorre de um conjunto de fatores como: as taxas de emissões dos poluentes, a localização, a concentração das fontes emissoras, as características físico-químicas dos poluentes, bem como a dispersão destes na atmosfera e a reação química entre eles, ações que são fortemente influenciadas por condições climatológicas (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

Além de fontes de poluição geradas por indústrias e veículos, o que é característica, principalmente, de grandes centros urbanos, existem outras fontes emissoras de poluentes, em cidades menores, que podem colocar em risco a saúde dos seus habitantes (BRAGA et al., 2007). A queima de biomassa é um exemplo destas e tem se mostrado objeto de alguns estudos (ARBEX et al., 2004; SILVA et al., 2013) no Brasil.

O Brasil contribui significativamente na emissão de poluentes devido à queima de biomassa, tendo como região mais crítica, a Amazônia. A fumaça gerada pelas queimadas na Amazônia mato-grossense, é capaz de atingir municípios presentes nas regiões central e sul do Mato Grosso (SILVA et al., 2013). As preocupações mundiais com as mudanças climáticas causam, cada vez mais, interesse das autoridades no controle de queimadas no continente sul-americano. Apesar de haver evidências dos efeitos das fumaças emitidas pelas queimadas das florestas, os estudos epidemiológicos nessa área ainda são escassos (SILVA et al., 2010).

Um estudo de revisão realizado por Ribeiro (2008), relatando os resultados dos trabalhos sobre o efeito da queima de cana-de-açúcar na saúde, demonstrou que a maioria das pesquisas encontradas sugerem que uma parcela da população, principalmente idosos, crianças e asmáticos, tem sua saúde afetada, demandando a busca por atendimentos hospitalares. A autora salienta que estudos futuros devem tratar, além de doenças respiratórias, também do agravamento dos casos de asma, neoplasias, doenças cardiovasculares, impactos das pessoas envolvidas no trabalho, entre outros fatores.

Leite et al. (2011) ressaltam que nos grandes centros urbanos, são cada vez mais frequentes os dias em que o ar atinge níveis críticos de poluição, o que pode ser causado pela ausência de ventos ou pelas inversões térmicas, que são períodos em que as correntes ascendentes do ar cessam, as quais são fundamentais para a limpeza dos poluentes acumulados na atmosfera.

Dentre os principais problemas causados pela poluição do ar estão o aquecimento da Terra, a chuva ácida e o efeito estufa, este último causado por gases quimicamente estáveis e inertes, o que facilita que permaneçam e se acumulem na atmosfera (RANGEL; CARVALHO, 2003).

A ocorrência de chuvas e seus efeitos sobre o ecossistema tem sua importância reconhecida desde a antiguidade. Os hidrometeoros (gotas de chuva, nevoeiro, neve, granizo e graupel¹) são os principais agentes processadores capazes de remover a poluição da atmosfera. (GONÇALVES et al., 2010).

Ao tratar da temática de poluição do ar torna-se necessário inserir o estudo da interação do homem no meio urbano, como uso dos transportes automotivos, crescimento industrial, entre outros (RUSSO, 2010).

Os veículos em geral, emitem substâncias tóxicas na atmosfera, sendo que a quantidade de poluentes emitidos está relacionada com fatores como o tipo de motor, regulagem, manutenção e até mesmo o modo de dirigir. Mesmo sem estar com o motor ligado os veículos são capazes de poluir o ar devido a evaporação de combustível pelo suspiro do tanque, bem como no sistema de carburação do motor. Ônibus e caminhões que se caracterizam como veículos pesados, são responsáveis pela maior parte das emissões de óxidos de nitrogênio e enxofre. Os veículos leves, movidos a gasolina e álcool, produzem principalmente, monóxido de carbono e hidrocarbonetos. Em se tratando do combustível mais poluente emitido por veículos, o diesel fica em primeiro lugar, caracterizando-se como danoso ao meio ambiente (TEIXEIRA; FELTES; SANTANA, 2008).

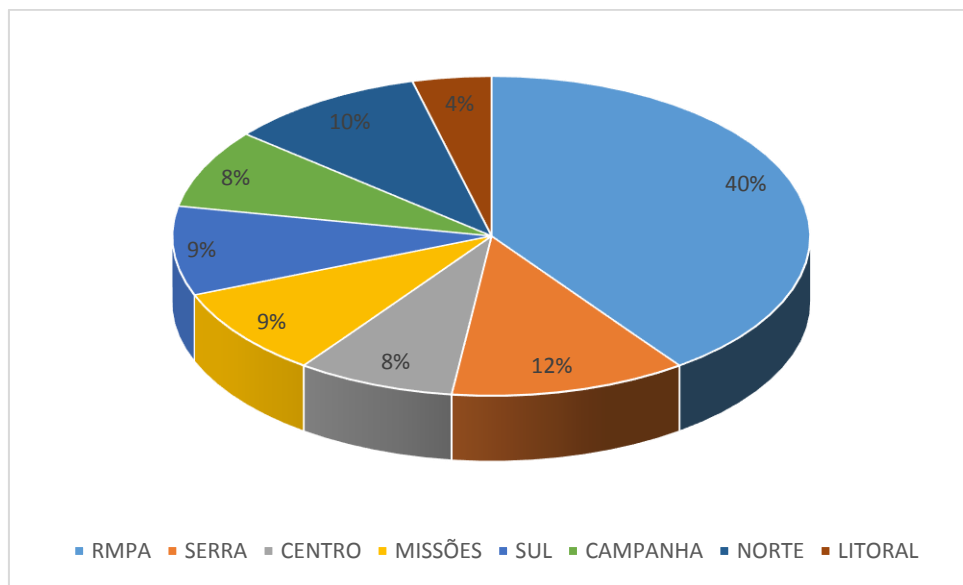
2.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NO RIO GRANDE DO SUL

Com base no primeiro inventário de emissões atmosféricas das fontes móveis do estado do Rio Grande do Sul foram elaboradas as estimativas de emissões de poluentes, considerando as macrorregiões idealizadas pelo Programa de Controle de Poluição Veicular (PCPV). De

¹ Precipitação de neve que cai na forma de pequenos gelos

acordo com o inventário realizado pela PCPV, conforme pode ser observado na Figura 1, a RMPA é responsável por 40% das emissões de poluentes providas de veículos no estado do Rio Grande do Sul, seguida pela macrorregião da Serra representando 12%. A região Norte aparece em terceiro lugar com 10% das emissões veiculares (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2014).

Figura 1 - Contribuição das emissões veiculares totais, por Macrorregiões do Estado do Rio Grande do Sul

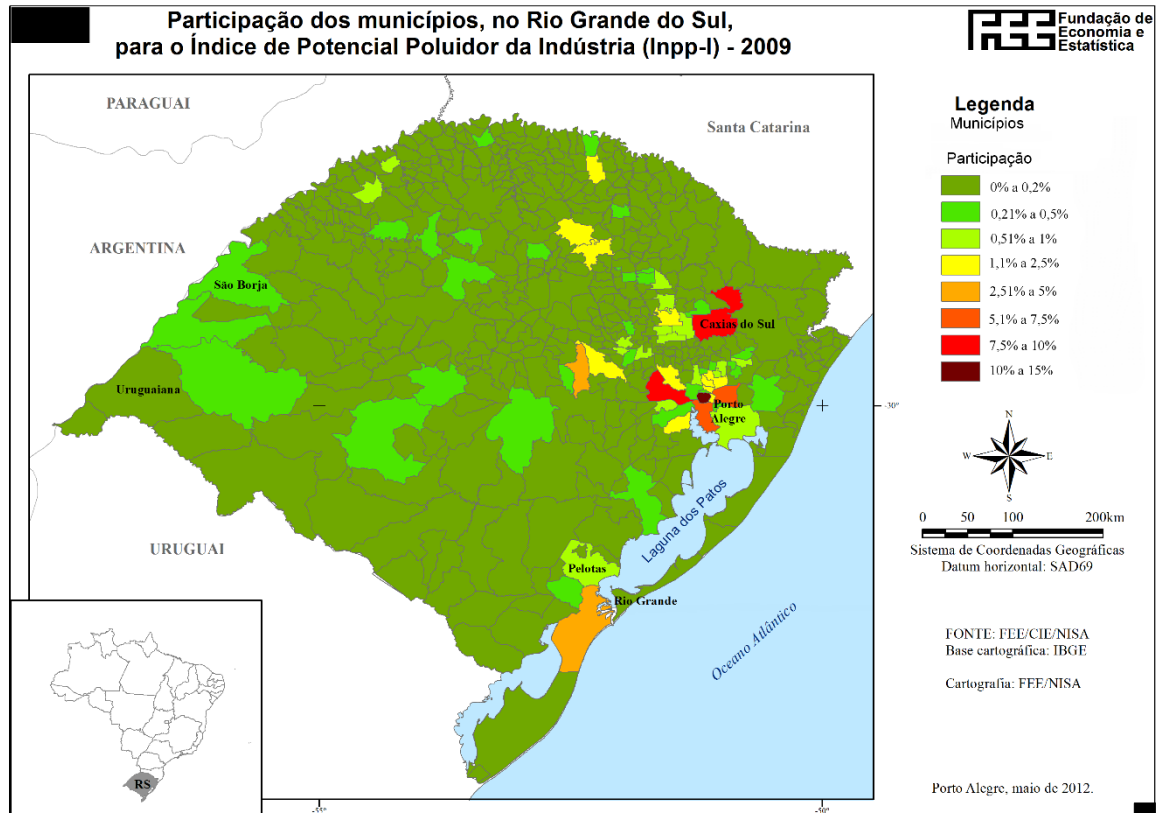


Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (2010)

O principal combustível utilizado por carros leves no Rio Grande do Sul é, atualmente, a gasolina, fator preocupante, devido aos índices de emissão de gases e a dependência do mercado externo que controla boa parte do processo produtivo (TEIXEIRA; FELTES; SANTANA, 2008).

Na Figura 2 é apresentada a participação dos municípios do Rio Grande do Sul no Índice de Potencial Poluidor da Indústria (INPP-I) para o ano de 2009.

Figura 2 - Participação dos municípios do Rio Grande do Sul para o Índice de Potencial Poluidor



Fonte: FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA (2009)

Com base na análise da Figura 2, pode-se observar que a concentração do Índice de Potencial Poluidor da Indústria ocorre, principalmente, em municípios pertencentes a RMPA, sendo que a maior contribuição foi do município de Canoas com uma participação de 10% a 15%.

No Brasil, o controle do ar é realizado por meio de estações de monitoramento capazes de realizar medições sobre as condições da qualidade do ar. Os equipamentos de medição são caros e requerem grandes estruturas, que possibilitam o funcionamento das coletas. Além do monitoramento, esses equipamentos permitem simulações numéricas capazes de representar cenários futuros, possibilitando medidas prévias de controle (JACOMINO et al., 2009).

No Rio Grande do Sul, o órgão responsável pelo monitoramento do ar é a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM) e ocorre por meio de rede manual e automática, que se diferenciam entre si em função das áreas que abrangem, dos equipamentos utilizados e dos parâmetros do ar.

Para este trabalho, os dados dos poluentes foram obtidos apenas da rede automática de monitoramento de Canoas.

Na Tabela 1 são apresentados os pontos monitorados pela rede automática da FEPAM, no Rio Grande do Sul.

Tabela 1 - Pontos da rede automática de monitoramento do ar no Rio Grande do Sul

Município	Estação	Parâmetros de Monitoramento
Porto Alegre	Centro /Rodoviária	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, NO _x , O ₃ e Parâmetros Meteorológicos
Porto Alegre	Santa Cecília /Escola de Bombeiros	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, NO _x , O ₃
Porto Alegre	Jardim Botânico /ESEF	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, NO _x , O ₃
Canoas	V COMAR	PI ₁₀ , SO ₂ , O ₃ , CO
Sapucaia do Sul	SESI	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, NO _x , O ₃ e Parâmetros Meteorológicos
Triunfo	Polo petroquímico	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, NO _x , O ₃
Caxias do Sul	SENAI	PI ₁₀ , SO ₂ , O ₃ e Parâmetros Meteorológicos
Esteio	Vila Ezequiel	PI ₁₀ , SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, Hidrocarbonetos e Parâmetros Meteorológicos
Canoas	Parque Universitário	PI ₁₀ , SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, Hidrocarbonetos e Parâmetros Meteorológicos
Gravataí	Condomínio Jardim Timbaúva	PI ₁₀ , SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO, Hidrocarbonetos e Parâmetros Meteorológicos
Charqueadas	Arranca Toco	PI ₁₀ , SO ₂ , NO _x , O ₃ , CO
Triunfo	DEPREC	SO ₂ , NO _x
Guaíba	Parque 35	PI ₁₀ , PTS, SO ₂ , CO, NO _x , TRS, O ₃ e Parâmetros Meteorológicos
Diversos	Móvel	PI ₁₀ , SO ₂ , CO, NO _x , O ₃ e Parâmetros Meteorológicos

Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (2016)

2.3 POLUENTES ATMOSFÉRICOS: PRINCIPAIS EFEITOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE

Os poluentes atmosféricos podem ser encontrados nos três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. Estes possuem ciclos complexos, interagem com processos meteorológicos, agindo no meio ambiente de diversas maneiras e em diferentes fases (GONÇALVES et al., 2010).

Os poluentes lançados na atmosfera, provenientes diretamente da fonte poluente, são chamados de poluentes primários e, os formados na atmosfera, por meio de reações químicas entre os poluentes, considerados primários e a composição natural do ar, são denominados de poluentes secundários (QUEIROZ; JACOMINO; MENEZES, 2007).

Cada tipo de poluente monitorado possui características próprias, bem como fontes específicas de emissão, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Fontes e características de alguns poluentes

Poluente	Características	Principais Fontes Antropogênicas	Principais Fontes Naturais
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, altamente solúvel. Na presença de vapor d'água pode ser transformado a SO ₃ passando rapidamente a H ₂ SO ₄ , sendo um dos principais constituintes da chuva ácida. É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis. No verão, através dos processos fotoquímicos, as reações do SO ₂ são mais rápidas.	Combustão de combustíveis fósseis (carvão), queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel.	Vulcões, emissões de reações biológicas.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Podem levar a formação de HNO ₃ , nitratos e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, indústrias, usinas termoeletricas (óleo, gás, carvão) e incineração.	Processos biológicos no solo e relâmpagos.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em geral, principalmente em veículos automotores.	Queimadas e reações fotoquímicas.
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica mais conhecido como <i>smog</i> . Composto muito ativo quimicamente.	Não é emitido diretamente à atmosfera, sendo produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os NO _x e compostos orgânicos voláteis.	-

Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (2015)

Pode-se observar, com base na Tabela 2, que dentre as principais fontes antropogênicas de poluição do ar estão as emissões veiculares e as atividades industriais. Na Tabela 3 são apresentados os principais poluentes e os possíveis efeitos na saúde das pessoas. Pode-se perceber que os efeitos principais podem atingir, principalmente, o sistema respiratório e circulatório dos seres humanos.

Tabela 3 - Efeitos dos principais poluentes na saúde

Poluente	Efeitos sobre a Saúde
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Causam efeitos significativos em pessoas com doenças pulmonares, como asma e bronquite.
Partículas inaláveis (PM ₁₀)	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras. Insuficiências respiratórias pela deposição deste poluente nos pulmões.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO ₂ . Irritação ocular.
Óxidos de Nitrogênio (NO _x)	Causa efeito danoso no sistema nervoso central, com perda de consciência e visão. Exposições mais curtas podem também provocar dores de cabeça e tonturas.
Ozônio (O ₃)	Irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposição a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração. O O ₃ tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares.

Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (2015)

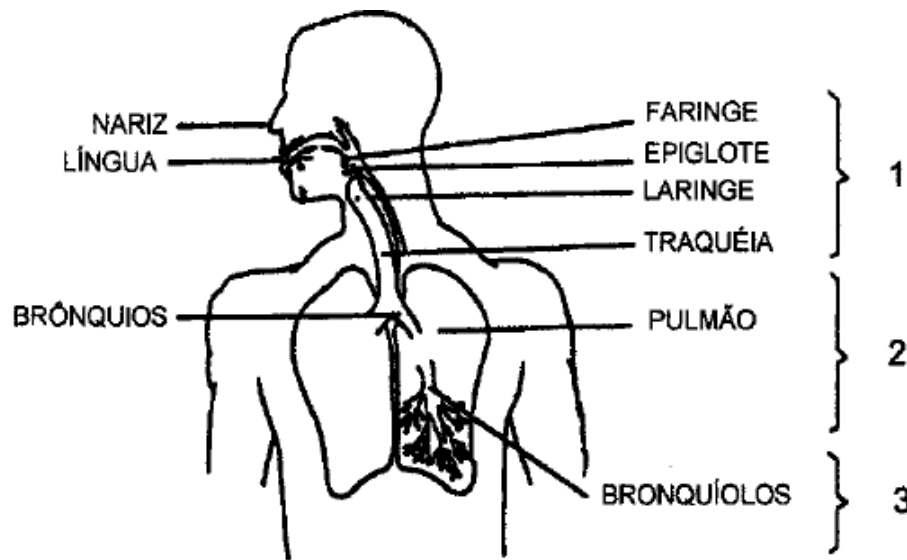
2.3.1 Material particulado (PM₁₀)

A forma mais visível de poluição do ar, e que apresenta facilidade de ser medida quantitativamente, com a utilização de instrumentação mínima, é o material particulado (BRAGA et al., 2001). Yanagi, Assunção e Barrozo (2012) salientam que o termo amplo “material particulado” engloba uma série de poluentes tanto sólidos como líquidos que podem ficar suspensos na atmosfera devido ao seu tamanho reduzido.

O PM₁₀ pode ser descrito como uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, sendo que a sua composição química e o seu tamanho dependem da fonte emissora. Este pode ser dividido em partículas grandes que possuem diâmetro entre 2,5 µm e 30 µm providas de queimadas descontroladas, materiais da crosta terrestre, entre outros. As partículas pequenas, denominadas de matéria particulada inalável, possuem diâmetro menor que 2,5 µm e são geradas por fontes móveis de combustão, como automóveis, incineradores e termoeletricas. As partículas menores são mais ácidas, sendo capazes de passar pelas vias aéreas superiores e atingir os pulmões (CANÇADO et al., 2006; YANAGI; ASSUNÇÃO; BARROZO, 2012).

Na Figura 3 pode-se observar o tamanho das partículas e suas possíveis implicações no sistema respiratório.

Figura 3- Deposição de matéria particulada no aparelho respiratório



1: Aparelho respiratório superior - Partículas entre 5-30 μ m são retidas;

2: Aparelho respiratório inferior - Partículas menores que 1 μ m de diâmetro alcançam o alvéolo e são depositadas nos pulmões;

3: Partículas entre 1-5 μ m são depositadas;

Fonte: BRICKUS e NETO (1999)

A medida de matéria particulada inalável é muito importante, pois dependendo da quantidade inalada, certo material torna-se irreversivelmente depositado nas vias respiratórias (BRAGA et al., 2001).

O destino das partículas inaladas dependerá do seu diâmetro, podem ficar suspensas no ar, serem removidas por filtros de ar condicionado ou aspiradores, bem como inaladas, atingindo os alvéolos e depositando-se no corpo humano ou, ainda, podem ser removidas pelas vias aéreas superiores (BRICKUS; NETO, 1999).

O corpo humano possui mecanismos de defesa capazes de eliminar essas partículas, como a tosse e o espirro, este último impulsionado por grandes partículas que, devido ao seu tamanho, não conseguem ultrapassar as narinas (CANÇADO et al., 2006).

A legislação brasileira não fornece padrões de níveis de concentrações permitidas de material particulado fino (PM_{2.5}), bem como não dispõe de legislação específica quanto a poluentes em áreas atingidas por queimadas (SILVA et al., 2010).

Estudos epidemiológicos no Brasil têm evidenciado associações de material particulado com a incidência de doenças. Pandya et al., (2002) ressaltam que os gases e partículas ultrafinas provenientes da queima de combustíveis, principalmente do diesel, são fatores responsáveis pela maior incidência de asma brônquica e outras doenças alérgicas em indivíduos.

Gouveia et al., (2006) em seu estudo na cidade de São Paulo/SP, identificaram associação do PM₁₀ inalável ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração também em idosos.

Carneseca, Achcar e Martinez (2012) verificaram que o PM₁₀ se mostrou associado ao número de nebulizações realizadas na cidade de Ribeirão Preto/SP. Amâncio e Nascimento (2012) encontraram associação de MP₁₀ e SO₂ com internações por asma.

Na cidade de Piracicaba/SP, Cesar, Nascimento e Carvalho (2013), identificaram associação entre PM_{2,5} e internações por doenças respiratórias em crianças. Nascimento et al., (2012) verificaram que um acréscimo de 10µg/m³ de material particulado, aumenta o risco de internações por acidente vasculoencefálico na cidade de São José dos Campos/SP.

Yanagi, Assunção e Barrozo (2012) concluíram que o material particulado influencia no aumento da incidência de alguns tipos de câncer contribuindo, conseqüentemente, para a mortalidade por câncer em São Paulo/SP.

2.3.2 Ozônio (O₃)

O ozônio envolve como precursores: óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos derivados de fontes móveis de combustão, como por exemplo, de veículos, usinas hidrelétricas e até mesmo de fontes naturais como árvores, que são responsáveis pela contribuição de compostos orgânicos voláteis (BRAGA et al., 2001).

Comparado a outros poluentes, o ozônio é o mais complexo e difícil de ser controlado. Este não é emitido diretamente, pois forma-se na baixa atmosfera através de reações fotoquímicas. Os picos de ozônio ocorrem tipicamente em períodos de calor, elevada radiação solar e tempo seco (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2014).

O O₃ é capaz de atingir as partes mais profundas do pulmão, sendo responsável por danos severos em pessoas que já tenham problemas respiratórios como, por exemplo, asma (MARTINS et al., 2002).

O estudo de Freitas et al. (2004) encontrou associação entre o aumento de admissões por doenças respiratórias com material particulado, monóxido de carbono e ozônio.

2.3.3 Óxidos de nitrogênio (NO_x)

Os motores de automóveis são os principais responsáveis pela emissão de óxido nítrico (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂). No processo de combustão o oxigênio reage com o nitrogênio e forma óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio, entre outros óxidos de nitrogênio (NO_x). Todos esses compostos são reativos e, quando colocados na presença de oxigênio, ozônio e hidrocarbonetos o NO se transforma em NO₂. Quando o NO₂ enfrenta a presença da luz solar reage com hidrocarbonetos e oxigênio formando o ozônio, um dos mais severos poluentes (BRAGA et al., 2001).

Em elevadas concentrações, o dióxido de nitrogênio pode provocar problemas respiratórios, especialmente em crianças. Pessoas com asma também podem sofrer com problemas respiratórios adicionais ao entrar em contato com o dióxido de nitrogênio (COELHO, 2007).

Fontes em ambientes internos de NO₂ e outros óxidos de nitrogênio (NO_x) provem de fogões a gás, aquecedores (que utilizam querosene) e cigarro. O NO₂, quando inalado pelo ser humano, é capaz de atingir as porções mais periféricas do pulmão, pois possui uma baixa solubilidade, exercendo um efeito tóxico (CANÇADO et al., 2006).

2.3.4 Dióxido de enxofre (SO₂) e aerossóis ácidos

O dióxido de enxofre é derivado da combustão de elementos fósseis, como carvão e petróleo e tem como fontes principais de emissão, automóveis e termoelétricas (FREITAS et al., 2004; CANÇADO et al., 2006). A longa permanência do SO₂ no ar faz com seus derivados (aerossóis ácidos) sejam transportados para locais distantes das fontes originárias de emissão, potencializando a área de atuação desses poluentes (BRAGA et al., 2001).

Freitas et al. (2004) ressaltam que o dióxido de enxofre pode ser facilmente absorvido pelas vias respiratórias superiores, gerando riscos para a saúde. No estudo de Martins et al., (2002) o SO₂ não ultrapassou os limites aceitáveis dos níveis dos poluentes, mas mesmo assim se mostrou associado aos atendimentos por pneumonia e gripe em idosos.

Nascimento, Módolo e Carvalho (2004) encontraram correlação positiva entre dióxido de enxofre e material particulado com o número de internações por doenças respiratórias.

2.3.5 Monóxido de carbono (CO)

Os moradores de grandes centros urbanos recebem sua cota de monóxido de carbono (CO) do trânsito, devido ao fato da alta concentração de automóveis nesses grandes centros, pois são as maiores fontes de emissão desse poluente. Além daquelas pessoas que passam o dia no interior de um carro, a pé ou de bicicleta, as pessoas de um ambiente interno também podem ser afetadas pelos efeitos do CO, tanto pela vinda deste do meio externo ou pelo sistema de ventilação, churrasqueiras, fogão a gás e aquecedores a óleo (CANÇADO et al., 2006).

Dentre os danos possíveis a saúde, o monóxido de carbono é capaz de inibir a troca de oxigênio do sangue com os tecidos vitais e, em concentrações elevadas, pode provocar a morte por envenenamento, afetando, principalmente, o sistema cardiovascular e nervoso (COELHO, 2007).

Martins et al. (2001) encontraram associação do CO e do SO₂ com atendimentos por infecções de vias aéreas superiores em São Paulo/SP.

2.4 QUALIDADE DO AR E OS EFEITOS NA SAÚDE

Um dos maiores problemas de saúde pública, atualmente, é a poluição do ar, podendo afetar de maneira severa a saúde dos seres humanos, animais e plantas (CASTRO, GOUVEIA e CEJUDO, 2003). Com a revolução industrial novas fontes de poluentes como a queima de combustíveis fósseis pelos motores a combustão e a expansão das indústrias siderúrgicas começaram a surgir, sem um acompanhamento dos possíveis danos que esses poluentes poderiam causar à saúde humana (COELHO, 2007).

Essas mudanças refletiram em episódios de poluições excessivas, que acabaram gerando um aumento no número de mortes em algumas cidades da Europa e nos Estados Unidos. O primeiro episódio ocorreu em 1930 na Bélgica, em uma região com grandes concentrações de indústrias. No primeiro mês de dezembro as condições meteorológicas desfavoráveis, como ausência de ventos, impediram a dispersão dos poluentes, o que acarretou num aumento expressivo do número de internações, resultando em 60 mortes, dois dias após o incidente (BRAGA et al., 2001).

Outros episódios, como em outubro de 1948, na cidade de Donora, Pensilvânia, ocorreram 20 mortes ao invés das duas esperadas para o período, em uma comunidade de 14000 pessoas, devido a uma inversão térmica que manteve os poluentes das indústrias concentrados na cidade por mais tempo. O mais grave dos episódios foi em 1952, na cidade de Londres,

provocado também por uma inversão térmica, em que grandes quantidades de poluentes permaneceram sobre a cidade durante três dias, ocasionando um aumento de 4000 mortes em relação à média do mesmo período (BRAGA et al., 2001).

Os episódios envolvendo mortalidades impulsionaram o desenvolvimento de estudos nas áreas de Epidemiologia a fim de identificar os principais poluentes lançados na atmosfera e as suas consequências na saúde. Com base nos resultados encontrados, diversos países formularam padrões de qualidade do ar, estabelecendo limites de tolerância máxima, os quais não afetariam a saúde da população (MARTINS et al., 2001; CASTRO; GOUVEIA; CEJUDO, 2003; CANÇADO et al., 2006).

Com o aumento da preocupação dos efeitos da poluição na saúde, passaram a existir testes realizados com animais que apresentaram resultados coerentes de que a poluição do ar compromete o sistema respiratório e imunológico dos ratos. Provavelmente os resultados fisiopatológicos em humanos sejam semelhantes, causando prejuízos aos mecanismos de defesa do trato respiratório (MARTINS et al., 2002).

Dentre as faixas etárias mais atingidas pelos efeitos da poluição do ar, estão as crianças e os idosos. Pessoas que já possuem problemas respiratórios prévios também se tornam mais suscetíveis a sofrer com a elevação nos níveis de poluentes atmosféricos (SILVA et al., 2013).

A seguir serão apresentados e discutidos estudos sobre a poluição atmosférica no Brasil e, também, em alguns países.

2.4.1 Poluição do ar e os efeitos na saúde: estudos nacionais

Na Tabela 4 são apresentados alguns estudos realizados no período de 2001 a 2014, desenvolvidos no estado de São Paulo, bem como o local da pesquisa, o ano, o periódico da publicação e o título do estudo.

No Brasil, a cidade de São Paulo/SP é o maior alvo de estudos analisando o efeito da poluição do ar na saúde, sendo que, segundo Landin e Giatti (2014) a cidade é, atualmente, uma metrópole insustentável, apresentando vulnerabilidades tanto sociais como ambientais.

Tabela 4 - Estudos do efeito da poluição do ar na saúde realizados no estado de São Paulo

Autor	Local	Ano	Periódico	Título
Martins et al.	São Paulo (SP)	2001	Revista Brasileira de Epidemiologia	Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos
Martins et al.	São Paulo (SP)	2002	Revista de Saúde Pública	Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil
Freitas et al.	São Paulo (SP)	2004	Revista de Saúde Pública	Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997
Nascimento et al.	Taubaté (SP)	2004	Revista Brasileira de Saúde Materna Infantil	Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil: um estudo ecológico no Vale do Paraíba
Gouveia et al.	São Paulo (SP)	2006	Caderno de Saúde Pública	Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil
Ribeiro e Pesquero	Espírito Santo do Turvo (SP)	2010	Estudos avançados	Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças
Carneseca et al.	Ribeirão Preto (SP)	2012	Caderno de Saúde Pública	Associação entre a poluição atmosférica por material particulado e contagens mensais de procedimentos de inalação e nebulização em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
Nascimento et al.	São José dos Campos (SP)	2012	Caderno de Saúde Pública	Poluentes ambientais e internações devido a acidente vasculoencefálico
Amancio e Nascimento	São José dos Campos (SP)	2012	Revista da Associação Médica Brasileira	Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais
Yanagi et al.	São Paulo (SP)	2012	Caderno de Saúde Pública	Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil
Cesar et al.	Piracicaba (SP)	2013	Revista de Saúde Pública	Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças
Negrisoni e Nascimento	Taubaté (SP)	2013	Revista Paulista de Pediatria	Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças
Lima et al.	São José dos Campos (SP)	2014	Revista Ambiente & Água	Association between maternal exposure to particulate matter and premature birth
Amancio e Nascimento	São José dos Campos (SP)	2014	São Paulo Medical Journal	Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vasculo encefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes: estudo ecológico de séries temporais

O estudo de Martins et al. (2001) foi o pioneiro no Brasil na verificação do efeito do rodízio de veículos em São Paulo/SP, não só no controle da poluição, mas na relação deste com doenças respiratórias em idosos. O objetivo do estudo foi investigar a associação entre os níveis diários de poluentes do ar e os atendimentos de idosos com infecções de vias aéreas superiores (IVAS), nos períodos de inverno com e sem rodízio de veículos. Os resultados encontrados mostraram que o CO e o SO₂ estiveram diretamente associados à IVAS. Em relação ao rodízio de veículos, pode-se perceber que os níveis dos poluentes atmosféricos baixaram (com exceção do O₃), mas não foi encontrada diminuição nos atendimentos. No estudo foi verificado que, mesmo os poluentes atmosféricos estando dentro dos padrões permitidos, estes continuam afetando a morbidade e mortalidade por problemas respiratórios, sugerindo que os limites da qualidade do ar sejam revisados.

Martins et al. (2002) investigaram os efeitos gerados pela poluição do ar na morbidade por pneumonia e gripe em idosos, com dados do pronto socorro médico de um hospital-escola na cidade de São Paulo/SP. Os resultados encontrados demonstraram associação entre SO₂ e O₃ com atendimentos por pneumonia e gripe em idosos. Dos poluentes estudados (PM₁₀, CO, SO₂, NO₂, O₃), apenas o SO₂ não havia ultrapassado os limites aceitáveis de qualidade do ar, mesmo assim, apresentou associação com os atendimentos. Os autores concluíram que, os resultados encontrados sugerem que a poluição do ar provoca efeitos adversos para a saúde de idosos.

Freitas et al. (2004) estudaram os efeitos de curto prazo da poluição na morbidade respiratória de menores de 15 anos e na mortalidade de idosos na cidade de São Paulo/SP. Foram encontradas variações do 10° ao 90° percentil dos poluentes sendo significativamente associada com o aumento de admissões por doenças respiratórias em menores de 15 anos para PM₁₀ (RR%=10,0), CO (RR%=6,1) e O₃ (RR%=2,5). Associação similar foi encontrada para mortalidade em idosos e PM₁₀ (RR%=8,1) e CO (RR%=7,9).

O estudo de Nascimento, Módolo e Carvalho (2004) estimou as correlações entre os níveis dos poluentes e o número de internações por doença respiratória em crianças. O estudo utilizou os dados de internações de 158 crianças com doenças respiratórias de 2001, correspondendo a 30% das internações totais do ano. Os poluentes mostraram-se correlacionados entre si e houve correlação positiva entre o SO₂ e o PM₁₀ com o número de internações. Ocorreu aumento de 25% no risco de internação comparando o quarto quartil e o primeiro quartil. No artigo os autores ressaltaram a importância de se desenvolver estudos dos efeitos da poluição na saúde em centros fora da região metropolitana de São Paulo.

Gouveia et al. (2006) analisaram as associações entre exposição aos poluentes e internações por causas respiratórias e cardiovasculares em crianças e idosos na cidade de São Paulo/SP. Com exceção do ozônio, todos os poluentes apresentaram associação significativa com as internações analisadas. Os autores verificaram que um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ no nível de material particulado inalável associa-se ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração, também, em idosos.

Ribeiro e Pesquero (2010) desenvolveram seu estudo na cidade de Espírito Santo do Turvo/SP. Os autores investigaram o impacto da queima de cana-de-açúcar na qualidade do ar em uma área sujeita anualmente a esse processo e os efeitos da poluição crônica, em longo prazo, nas condições de saúde respiratória de alunos vivendo na região. Foram utilizadas técnicas de estatística descritiva para comparar os resultados dos questionários obtidos em Espírito Santo do Turvo/SP com àqueles obtidos em Jucituba/SP (cidade que não realiza queimadas de cana-de-açúcar). Foram analisadas porcentagens de prevalência de doenças. Os níveis dos poluentes amostrados (NO_2 , PTS e PI), durante a safra de cana de açúcar, apresentaram-se abaixo dos padrões recomendados pela legislação brasileira. Houve a prevalência de sintomas de doenças respiratórias em porcentagem de crianças de 11 a 13 anos, sendo mais alta em 22 dos 28 sintomas de doenças observados.

Carneseca, Achcar e Martinez (2012) avaliaram os efeitos do PM_{10} sobre o número de nebulizações realizadas, considerando-se que esse procedimento pode estar relacionado com eventos adversos à saúde, principalmente se tratando de doenças respiratórias. Com os resultados encontrados, pode-se verificar que o PM_{10} se mostrou associado ao número de nebulizações.

No estudo de Nascimento et al. (2012), na cidade de São José dos Campos (SP), foram estimados os efeitos da poluição atmosférica nas internações por acidente vasculoencefálico. Com os resultados foi verificado que a exposição ao PM_{10} , no mesmo dia, está associado a internações por acidente vasculoencefálico ($\text{RR}=1,013$; $\text{IC}_{95\%}$: 1,001-1,025). Verificou-se também que um acréscimo de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , aumenta o risco de internações em 12% ($\text{RR}=1,137$; $\text{IC}_{95\%}$: 1,014-1,276). Com base nos resultados, os autores concluíram que o material particulado no modelo multipolvente, está associado a internações por acidente vasculoencefálico.

Amâncio e Nascimento (2012) estimaram o risco para internações por asma em crianças após a exposição de poluentes na cidade de São José dos Campos/SP. Por meio das análises realizadas, foi encontrada forte correlação entre internações com material particulado e dióxido

de enxofre. Estes dois poluentes estiveram associados a riscos relativos significativos de 1,01 a 1,04 para internação por asma no mesmo dia e em três dias após a exposição. Quando aumentada as concentrações desses poluentes, eleva-se o risco de internação em 8% e 19%, respectivamente. Os autores afirmaram que, apesar da pequena magnitude dos riscos relativos encontrados, o impacto da poluição na saúde da população deve ser substancial, levando-se em conta o grande número de indivíduos expostos.

Yanagi, Assunção, Barrozo (2012) analisaram a influência do PM_{10} na incidência e mortalidade por câncer nos distritos que os poluentes são monitorados em São Paulo/SP. Verificou-se que, pele, pulmão, tireoide, laringe e bexiga apresentaram coeficientes de correlação entre 0,60 e 0,80 em alguns períodos para a incidência de câncer. No que se refere aos dados sobre a mortalidade, o câncer de pulmão obteve mais correlações neste intervalo. A análise espacial demonstrou que distritos distantes do centro da cidade de São Paulo, apresentaram risco relativo acima do esperado. O estudo revelou que a análise da distribuição espacial dos tipos de câncer em alguns distritos estudados, apresentou risco de mortalidade mais elevado do que a de incidência, indicando possíveis deficiências no acesso a diagnósticos e tratamento. Os autores concluíram que o PM_{10} influencia no aumento da incidência de alguns tipos de câncer contribuindo, consequentemente, para a mortalidade por câncer.

Na cidade de Piracicaba/SP, Cesar, Nascimento e Carvalho (2013), estimaram a associação entre $PM_{2,5}$ e internações por doenças respiratórias em crianças. Verificou-se que o incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} implica no aumento de 7,9 a 8,6 pontos percentuais no risco relativo. Os autores concluíram que a exposição ao material particulado com menos de 2,5 micra mostrou-se associado as internações por doenças respiratórias em crianças.

Negrisoni e Nascimento (2013) desenvolveram o primeiro estudo na cidade de Sorocaba/SP sobre a relação entre poluentes e internações por pneumonia na infância. Foram encontradas fortes correlações entre os poluentes e as internações (com exceção do ozônio). No estudo foi identificado efeito agudo do NO_2 nas internações por pneumonia, sendo que o efeito do MP_{10} foi mais tardio, quatro dias após a exposição.

Lima et al. (2014) estimaram a relação da exposição de mulheres grávidas ao PM_{10} e os partos prematuros em São José dos Campos/SP. Os autores concluíram que a exposição da mãe ao poluente, apresenta efeito agudo no nascimento de bebês prematuros. No Brasil, este estudo foi o primeiro a investigar os efeitos da poluição em partos prematuros.

Amâncio e Nascimento (2014), estimaram a associação entre exposição a poluentes e risco de morte por acidente vascular cerebral. O estudo foi desenvolvido na cidade de São José dos Campos/SP e foi verificada a significância estatística entre a exposição ao MP_{10} em modelo

unipolvente e a importância do MP_{10} e SO_2 no modelo multipotente. Percebeu-se que o aumento do risco foi de 10% a 7% para material particulado e dióxido de enxofre, respectivamente. Concluiu-se que a exposição a poluentes pode ser um fator de risco para morte por acidente vascular cerebral.

Além de estudos sobre o efeito da poluição do ar na saúde realizados no estado de São Paulo, foram encontradas pesquisas, em menor número, nos demais estados do Brasil, conforme pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Estudos da poluição do ar e os efeitos na saúde em alguns estados do Brasil

Autor	Local	Ano	Periódico	Título
Bakonyi et al.	Curitiba (PR)	2004	Revista de Saúde Pública	Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR
Braga et al.	Itabira (MG)	2007	Caderno de Saúde Pública	Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil
Moura et al.	Jacarepaguá (RJ)	2008	Revista de Saúde Pública	Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças
Moraes et al.	Guamaré (RN),	2010	Jornal de Pediatria	Sibilância em crianças e adolescentes vizinhos a uma indústria petroquímica no Rio Grande do Norte, Brasil
Silva et al.	139 municípios do Mato Grosso	2010	Revista Brasileira de Epidemiologia	Material particulado ($PM_{2,5}$) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira
Silva et al.	Cuiabá (MT)	2013	Revista de Saúde Pública	Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias
Souza et al.	Região da Grande Vitória (ES)	2014	Revista de Saúde Pública	Componentes principais e modelagem linear generalizada na associação entre atendimento hospitalar e poluição do ar

Bakonyi et al. (2004) investigaram os efeitos da poluição na morbidade por doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba/PR, encontrando associação de todos os poluentes investigados com as doenças estudadas.

No estudo de Braga et al. (2007), na cidade de Itabira/MG, foram avaliados os efeitos do PM_{10} em atendimentos por doenças respiratórias e cardiovasculares. Na cidade é desenvolvida a prática de mineração de ferro a céu aberto, sendo esta aparentemente a fonte mais relevante de emissão de MP_{10} . Os resultados demonstraram que um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ no lançamento do poluente estão associados a um aumento no atendimento por doenças respiratórias em 4% (IC 95%: 2,2-5,8) em crianças menores de 13 anos e de 12% (IC95%: 8,5-15,5) para adolescentes de 13 e 19 anos. Os autores concluíram que a poluição do ar na cidade

de Itabira está associada a aumentos nos atendimentos por doenças respiratórias em crianças e adolescentes e por doenças cardiovasculares em adultos, sendo que os efeitos respiratórios se mostraram mais prolongados do que os cardiovasculares.

Moura et al. (2008) desenvolveram seu estudo na cidade de Jacarepaguá/RJ e buscaram avaliar a relação entre poluição e os efeitos respiratórios em crianças. Verificou-se que apenas o O₃ teve resultado positivo e significativo em relação aos atendimentos de emergência por queixas respiratórias, bem como com os atendimentos por sintomas nas vias aéreas inferiores. Os autores verificaram dois picos nas séries temporais dos atendimentos nas vias respiratórias superiores e corresponderam ao início do inverno e primavera.

Moraes et al. (2010), na cidade de Guamaré/RN, verificaram a associação entre sibilância em crianças e adolescentes com o seu local de residência em relação à dispersão de poluentes emitidos pelo Polo Petroquímico instalado na cidade. Os resultados demonstraram que, mesmo quando os poluentes estiveram em baixas concentrações, a ocorrência de sintomas respiratórios em crianças e adolescentes que viviam próximas ao Polo Petroquímico foram mais frequentes do que em crianças e adolescentes vivendo em outras áreas.

Silva et al. (2010) analisaram especialmente o efeito da exposição ao PM₁₀ em doenças do trato respiratório em crianças e idosos em 139 municípios do estado do Mato Grosso. Os autores concluíram, a partir desse estudo, que as emissões do poluente, originados das queimadas na Amazônia Legal, estão relacionados com as internações por doenças respiratórias em grupos sensíveis das populações dos municípios estudados.

Silva et al. (2013) estudaram, na cidade de Cuiabá/MT, os efeitos da exposição de partículas finas provenientes de queimadas sobre as internações por doenças respiratórias em crianças e idosos. O estudo demonstrou que houve influência de PM_{2.5} sobre a ocorrência de internações por doenças respiratórias em crianças menores de 5 anos.

Souza et al. (2014) avaliaram a associação entre poluentes e atendimentos diários por causas respiratórias na Região da Grande Vitória no estado do Espírito Santo. Com o estudo verificou-se que, um aumento de 10.49 µg/m³ nos níveis de material particulado, resultaram num aumento de 3% do valor correspondente ao risco relativo estimado.

Com base na análise dos estudos pesquisados, pode-se perceber que, no geral, os resultados das pesquisas realizadas no Brasil apresentaram alguma associação da poluição do ar com ocorrências de doenças, seja do trato respiratório, cardiovascular ou outras morbidades.

Na Tabela 6 é apresentado um resumo dos estudos analisados contendo as doenças estudadas, os poluentes relacionados e a faixa etária analisada em cada pesquisa.

Tabela 6 - Poluentes, doenças e faixas etárias estudadas em pesquisas no Brasil

(continua)

Autor e ano	Variáveis		Idade
	Doenças	Poluentes	
Martins et al. (2001)	Atendimento por Infecções de vias aéreas superiores (IVAS) em idosos	CO, O ₃ , SO ₂ , NO ₂ e PM ₁₀	>65
Martins et al. (2002)	Atendimentos por Pneumonia e gripe em idosos	CO, O ₃ , SO ₂ , NO ₂ e PM ₁₀	≥ 65
Bakonyi et al. (2004)	Doenças respiratórias	PM ₁₀ , fumaça, NO ₂ e O ₃	<14
Freitas et al. (2004)	Internações por doenças respiratórias em crianças e mortes de idosos por causas naturais	PM ₁₀ , CO, O ₃	≤14
Nascimento et al. (2004)	Internações por doenças respiratórias em crianças	PM ₁₀ , SO ₂ , O ₃	≤7
Gouveia et al. (2006)	Internações de idosos (doença pulmonar obstrutiva crônica, doenças do aparelho circulatório, doença isquêmica do coração, pneumonias e doenças do aparelho respiratório) e crianças (asma, pneumonias, doenças do aparelho respiratório)	CO, O ₃ , SO ₂ , NO ₂ e PM ₁₀	≥65; <5
Braga et al. (2007)	Atendimentos por doenças respiratórias em crianças, adolescentes e idosos e por doenças cardiovasculares em adultos	PM ₁₀	<19; ≥65; >44
Moura et al. (2008)	Atendimentos pediátricos de emergência por sintomas respiratórios ou específicos por transtornos nas vias aéreas superiores e nas vias aéreas inferiores	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , CO e O ₃	1 mês a 12 anos
Ribeiro e Pesquero (2010)	Ocorrência de doenças respiratórias	PM ₁₀ , PTS e NO ₂	10 a 13
Moraes et al. (2010)	Relato de sibilância	PM ₁₀ , PM _{2,5} , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ ,	0 a 14
Silva et al. (2010)	Doenças respiratórias	PM _{2,5}	1 a 4; ≥65
Carneseca et al. (2012)	Contagens mensais de procedimentos de inalação/nebulização	MP ₁₀	

Tabela 7 - Poluentes, doenças e faixas etárias estudadas em pesquisas no Brasil

Autor e ano	Variáveis		Idade
	Doenças	Poluentes	
Nascimento et al. (2012)	Internações por acidente vasculoencefálico	PM ₁₀ , SO ₂ , O ₃	≥50
Amâncio e Nascimento, (2012)	Internação por asma brônquica	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂	≤10
Yanagi et al. (2012)	Incidência e na mortalidade por câncer	MP ₁₀	
Cesar et al. (2013)	Internações por doenças respiratórias	MP ₁₀	0 a 10
Negrisola e Nascimento, (2013)	Internações por pneumonia	MP ₁₀ , NO, NO ₂ SO ₂ , O ₃	0 a 10
Silva et al. (2013)	Internações hospitalares por causas respiratórias	PM _{2,5}	< 5; ≥65
Lima et al. (2014)	Recém-nascidos prematuros	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	
Amancio e Nascimento, (2014)	Risco de morte por acidente vascular cerebral	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	Todas
Souza et al. (2014)	Admissões hospitalares de crianças por doenças aéreas respiratórias	PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ , O ₃ e CO	<6

Pode-se observar, com base nos estudos encontrados, que as principais doenças e idades estudadas no Brasil se referem, em primeiro lugar, a doenças do trato respiratório em crianças (BAKONYI et al., 2004; FREITAS et al., 2004; NASCIMENTO; MÓDOLO; CARVALHO, 2004; GOUVEIA et al., 2006; BRAGA et al., 2007; MOURA et al., 2008; RIBEIRO; PESQUERO, 2010; MORAES et al., 2010; SILVA et al., 2010; AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012; CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013; NEGRISOLI; NASCIMENTO, 2013; SILVA et al., 2013; SOUZA et al., 2014). Tadano (2007) salienta que as crianças são mais suscetíveis aos efeitos da poluição por consumirem o dobro da quantidade de ar dos adultos.

Em segundo lugar estão as doenças respiratórias em idosos, sendo alvos de diversos estudos no Brasil (MARTINS et al., 2001; MARTINS et al., 2002; GOUVEIA et al., 2006; BRAGA et al., 2007; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2013).

Doenças cardiovasculares também foram relacionadas com a poluição da atmosfera e o efeito na saúde de idosos (GOUVEIA et al., 2006) e de adultos (BRAGA et al., 2007).

Acidente vascular encefálico e a associação com poluentes foram estudados em adultos (NASCIMENTO et al., 2012) e em todas as idades por Amâncio e Nascimento (2014).

Relatos de sibilância (MORAES et al., 2010), incidência e mortalidade por câncer (YANAGI; ASSUNÇÃO; BARROZO, 2012), nascimentos de bebês prematuros (LIMA et al., 2014), também foram relacionadas com a poluição do ar, apresentando resultados positivos da associação com os poluentes estudados.

Percebe-se que dentre os trabalhos desenvolvidos no Brasil, há uma diversidade de doenças estudadas, demonstrando que o efeito da poluição do ar não afeta apenas o sistema respiratório da população, mas pode exercer influência em outros órgãos e funções do corpo humano.

No que se refere aos poluentes estudados, a maioria dos trabalhos se limitou a usar os dados disponíveis coletados pelos órgãos estaduais de monitoramento, utilizando, principalmente, os dados dos níveis dos poluentes: monóxido de carbono, ozônio, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e material particulado.

Alguns estudos (BRAGA et al., 2007; SILVA et al., 2010; CARNESECA; ACHCAR; MARTINEZ, 2012; YANAGI; ASSUNÇÃO; BARROZO, 2012; CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013; SILVA et al., 2013) relacionaram apenas o material particulado com a incidência de doenças.

Moura et al. (2008) salientam que a exposição, além dos poluentes, a outros componentes do ar, como microrganismos e alérgenos, juntamente com as características próprias de cada pessoa, são fatores determinantes nas manifestações clínicas dos indivíduos expostos.

2.4.2 Poluição do ar e os efeitos na saúde: estudos internacionais

Moura et al. (2008) destacam que a maioria dos estudos sobre os efeitos da poluição na saúde foram conduzidos em países desenvolvidos, localizados no hemisfério norte.

Na Tabela 7 são apresentados alguns estudos realizados em outros países que analisaram a associação de poluentes atmosféricos com os efeitos na saúde.

Tabela 8 - Estudos da associação dos poluentes atmosféricos com efeitos na saúde desenvolvidos em outros países

Autor	Local	Ano	Periódico	Título
Miño e Ceballos	Santa Marta – Colômbia	2013	Revista Española de Salud Pública	Síntomas respiratorios y función pulmonar en niños de 6 a 14 años de edad y su relación con la contaminación por material particulado PM ₁₀ en Santa Marta - Colombia
Tao et al.	Lanzhou - China	2014	Environmental Pollution	Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Lanzhou, China
Dai et al.	75 cidades - Estados Unidos	2014	Environmental Health Perspectives	Associations of Fine Particulate Matter Species with Mortality in the United States: A Multicity Time-Series Analysis
Robles et al.	Temuco - Chile	2014	Environment International	Health risks caused by short term exposure to ultrafine particles generated by residential wood combustion: A case study of Temuco, Chile
Esposito et al.	Milão - Itália	2014	BMC Pulmonary Medicine	Impact of air pollution on respiratory diseases in children with recurrent wheezing or asthma
Samoli et al.	10 metrópoles do mediterrâneo Europeu	2014	Environment International	Which specific causes of death are associated with short term exposure to fine and coarse particles in Southern Europe? Results from the MED-PARTICLES project
Gass et al.	Atlanta, Dallas e São Luís - Estados Unidos	2015	Environmental Health	Associations between ambient air pollutant mixtures and pediatric asthma emergency department visits in three cities: a classification and regression tree approach

Miño e Ceballos (2013) estudaram a associação entre PM₁₀ e sintomas respiratórios em crianças na cidade de Santa Marta na Colômbia. Os autores verificaram que em concentrações de PM₁₀ superiores a 70µg/m³ aumenta-se o risco do desenvolvimento de problemas respiratórios em crianças.

Tao et al. (2014) avaliaram a associação de três poluentes (PM₁₀, SO₂ e NO₂) com internações respiratórias em todas as idades em Lanzhou na China. A cidade tem como característica, grandes polos industriais. Os resultados do estudo mostraram associação entre os poluentes e as internações.

Dai et al. (2014) avaliaram a relação do PM_{2.5} e alguns componentes derivados do material particulado, com mortalidade por doenças cardiovasculares, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e doenças respiratórias em 75 cidades dos Estados Unidos. Os autores verificaram aumento no risco de mortalidade associada com PM_{2.5}, sendo que isso varia conforme as estações do ano e as subespécies dos poluentes.

Robles et al. (2014) analisaram a associação de partículas ultrafinas com doenças respiratórias em Temuco no Chile, cidade que possui altos índices de poluição. Foram verificadas associações significativas entre a emissão de partículas ultrafinas e visitas ambulatoriais por doenças respiratórias em idosos.

Esposito et al. (2014) compararam os efeitos da poluição em crianças que apresentavam casos de asma ou chiados com indivíduos saudáveis, para verificar a associação entre o aumento dos poluentes e a incidência de sintomas respiratórios. O estudo envolveu 375 crianças com relato de sibilância recorrente ou asma e 402 indivíduos saudáveis. Verificou-se que dentre as 329 crianças com sibilância ou asma comparando aos 364 indivíduos saudáveis que completaram o acompanhamento, as crianças que apresentavam sibilância ou asma relataram mais dias de febre, tosse, episódios de rinite, traqueíte, ataques de asma, episódios de pneumonia e internações. Para as crianças com sibilância e asma, que residiam próximas a ruas com alta circulação de veículos, tal fato foi considerado um fator de risco para casos de asma. Foi verificado que um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} e de NO_2 elevou o início de pneumonia e sibilância/asma, concluindo que houve associação significativa entre a poluição e os casos analisados.

Samoli et al. (2014) verificaram a associação dos poluentes $\text{PM}_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , NO_2 e O_3 com mortalidade por causas cardíacas, acidente vascular cerebral, diabetes, infecções do trato respiratório inferior e doença pulmonar obstrutiva crônica em dez metrópoles do mediterrâneo europeu. Foram verificadas associações positivas entre $\text{PM}_{2.5}$ e mortalidade por diabetes, doenças cardíacas, doença pulmonar obstrutiva crônica e, em menor grau, para causas cerebrovasculares na região.

Gass et al. (2015) utilizaram árvores de regressão para analisar os efeitos conjuntos de alguns poluentes associados com exacerbações de asma em Atlanta (1999–2009), Dallas (2006–2009) e São Luís (2001–2007). As análises foram comparadas com um modelo de regressão multipolvente que mede os efeitos conjuntos contínuos dos poluentes. Os resultados demonstraram que todos os poluentes estudados tiveram associação com os casos de asma.

Na Tabela 8 são apresentadas as principais doenças, poluentes e faixas etárias estudadas nos estudos internacionais analisados.

Tabela 9 - Principais doenças e poluentes estudados nos estudos internacionais analisados

Autor e ano	Variáveis		Idade
	Doença	Poluentes	
Miño e Ceballos	Renite alérgica e asma	PM ₁₀	6 a 14 anos
Tao et al.	Infecção no trato respiratório superior, pneumonia e doença de obstrução pulmonar crônica	SO ₂ , PM ₁₀ , SO ₂	Todas
Dai et al.	Mortes por todas as causas	PM _{2.5}	Todas
Gass et al.	Asma	O ₃ , NO ₂ , PM _{2.5}	2 a 18 anos
Robles et al.	Doenças respiratórias	PM _{2.5} e PM ₁₀	<5; 5 a 64 anos; >65
Esposito et al.	Sibilância e asma	NO ₂ e PM ₁₀	2 a 18 anos
Samoli et al.	Mortalidade por causas cardíacas, acidente vascular cerebral, diabetes, infecções do trato respiratório inferior e doença pulmonar obstrutiva crônica	PM ^{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ e O ₃	Todas

3 MODELOS ESTATÍSTICOS UTILIZADOS PARA ANALISAR O EFEITO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA SAÚDE

As pesquisas envolvendo poluição do ar e os efeitos na saúde demandam de metodologias adequadas, além de dados coletados sobre poluentes com qualidade capazes de demonstrar as condições locais da poluição e da meteorologia, bem como informações sobre a saúde da população de determinado local estudado (BRAGA et al., 2007).

Ao se estudar a saúde de determinada população, são necessários alguns dados como: número de casos de certas doenças, número de mortes por causas e idades, número de leitos hospitalares, entre outros (LAURENTI et al., 1987).

Avaliar o impacto da poluição do ar na saúde exige o uso de modelos estatísticos capazes de levar em conta todos os fatores envolvidos, pois para estudar tal tema, é preciso considerar que cada pessoa reage de uma maneira diferente a uma determinada concentração de poluentes (TADANO; UGAYA; FRANCO, 2009).

Na Tabela 9 são apresentados os modelos estatísticos utilizados nos estudos pesquisados no Brasil que avaliaram os efeitos da poluição atmosférica na saúde.

Tabela 10 - Modelos estatísticos utilizados em estudos brasileiros para avaliar o impacto da poluição do ar na saúde

Autor e ano	Técnica estatística
Martins et al. (2001)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Martins et al. (2002)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Freitas et al. (2004)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Nascimento et al. (2004)	Correlação de Pearson e Risco Relativo
Gouveia et al. (2006)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Braga et al. (2007)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Ribeiro e Pesquero (2010)	Estatística descritiva
Moraes et al. (2010)	Estudo transversal
Silva et al. (2010)	Estatística Moran “global” e regressão múltipla espacial
Carneseca et al. (2012)	Modelo bayesiano de regressão de Poisson
Nascimento et al. (2012)	Modelo linear generalizado da regressão de Poisson
Amâncio e Nascimento (2012)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Yanagi et al. (2012)	Correlação de Pearson e Risco Relativo
Cesar et al. (2013)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Negrisoni e Nascimento (2013)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Silva et al. (2013)	Modelo aditivo generalizado de regressão de Poisson
Lima et al. (2014)	Regressão logística
Amâncio e Nascimento (2014)	Modelo aditivo de regressão de Poisson em modelos “unipoluentes” e “multipoluentes”

Na análise da Tabela 9, percebe-se que na maioria dos estudos analisados foi utilizado o Modelo Aditivo Generalizado (MAG) de Regressão de Poisson. Outras técnicas estatísticas como regressão logística e análise de correlação também foram utilizadas.

Tadano (2007) realizou uma revisão sistemática relatando as principais técnicas estatísticas utilizadas em estudos epidemiológicos que avaliavam os efeitos dos poluentes na saúde, verificando que os modelos de regressão logística, proporcional de Cox e Poisson são os mais frequentes. A autora ressalta que a principal diferença entre os modelos está no tipo da variável resposta.

A seguir serão apresentadas as considerações sobre Modelos Lineares Generalizados, Regressão, Regressão de Poisson, Regressão Binomial Negativa e Risco Relativo.

3.1 MODELOS LINEARES GENERALIZADOS (MLG's)

Antes do surgimento dos MLG's haviam algumas técnicas possíveis para trabalhar com modelos lineares nos quais a variável dependente não seguia uma distribuição normal. Com o desenvolvimento da computação ocorrido na década de 70, surgiram novos modelos os quais passaram a exigir a utilização de processos iterativos para estimar os parâmetros, como por exemplo o modelo normal não linear. Uma solução mais consistente para tal problema foi dada por Nelder e Wedderburn (1972) que propuseram os Modelos Lineares Generalizados (MLG's) (PAULA, 2013).

Nelder e Wedderburn (1972) uniram uma série de técnicas estatísticas que puderam ser formuladas, de uma maneira unificada como um conjunto de modelos de regressão, denominada de Modelos Lineares Generalizados (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2007). Com o surgimento de modelos de regressão cada vez mais sofisticados, foi possível controlar com maior eficácia os fatores de confusão que podem afetar a análise dos dados (MARTINS et al., 2002).

Os MLG's tratam de modelos lineares em relação a uma função da média da variável, de um modo que é possível tratar de outras famílias de distribuição de variáveis aleatórias, especificamente, as que pertencem à família exponencial (MENDES, 2007). Além disso, Paula (2013) ressalta que os MLG's permitem maior flexibilidade para a relação funcional entre a média da variável dependente e o preditor linear η .

Tais modelos envolvem uma variável dependente univariada, variáveis explicativas e uma amostra aleatória de n observações independentes, sendo:

- a) A variável resposta, componente aleatório do modelo, tem uma distribuição na família de distribuições que engloba a distribuição normal, gama e normal inversa para dados contínuos; Binomial para proporções; Poisson e Binomial Negativa para contagens;
- b) As variáveis explanatórias entram na forma de uma estrutura linear, constituindo o componente sistemático do modelo;
- c) A ligação entre os componentes aleatório e sistemático é feita através de uma função adequada como, por exemplo, logarítmica para os modelos log-lineares, chamada função de ligação (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2007, p. 13-14).

Para dados de contagem, por exemplo, em vez de ser aplicada a transformação \sqrt{y} no sentido de se buscar a normalidade dos dados e variância constante, pode-se supor que a distribuição de Y é de Poisson e que a relação funcional entre a média da variável dependente e o preditor linear é dada por $\log \mu = \eta$. Esta relação é conveniente, pois assim é garantida para quaisquer valores dos parâmetros do preditor linear um valor positivo para μ (PAULA, 2013).

Os Modelos Aditivos Generalizados permitem ajustar curvas de alisamento não lineares para variáveis como temperatura, umidade, entre outras que apresentem tal comportamento (MARTINS et al., 2001; MOURA et al., 2008).

Souza et al. (2014) destacam que o MAG, com distribuição marginal de Poisson, é geralmente utilizado em análises de associações entre variáveis desfecho/resposta e covariáveis explicativas/regressoras. Seja $\{Y_t\}$, $t = 1, \dots, N$ uma série temporal de contagem sendo formado por valores inteiros não negativos. A densidade condicional de $\{Y_t\}$ dado o passado F_{t-1} , denotado por Y_t / F_{t-1} , possui distribuição de Poisson, com média μ_t , se satisfizer (SOUZA et al., 2014):

$$f(y_t; \mu_t / F_{t-1}) = \frac{e^{-\mu_t} \mu_t^{y_t}}{y_t!}, t = 1, \dots, N. \quad (1)$$

3.1.1 Regressão

A análise de regressão permite analisar a relação entre duas variáveis para prever o valor de uma a partir do valor da outra, bem como é capaz de explicar a variação de uma variável como consequência da sua relação com outras variáveis (BLAIR; TAYLOR, 2013).

Na análise de regressão tem-se que Y é uma variável aleatória de interesse do estudo, que pode ser denominada de variável resposta ou dependente, e X é uma variável aleatória que pode ser denominada de auxiliar, regressora ou independente. O modelo de regressão linear simples descreve a variável dependente (Y) como uma soma de uma quantidade determinística

e uma quantidade aleatória. A parte determinística é uma reta em função de X , capaz de representar a informação sobre Y que já poderia ser esperada, apenas conhecendo a variável regressora. A parte aleatória é denominada erro, e representa os diversos fatores que podem interferir na variável dependente (CHARNET et al., 2008).

Os modelos de Regressão Linear Simples permitem verificar a relação de uma variável e alguma outra variável assumindo que existe uma relação linear. Já a Regressão Múltipla consiste na análise da relação de uma variável com outras variáveis independentes que são usadas, simultaneamente, para explicarem as variações existentes na variável dependente (BLAIR; TAYLOR, 2013).

O Modelo de Regressão Linear Múltipla (MRLM) também descreve a variável dependente como uma soma da parte determinística e parte aleatória, sendo a parte determinística mais geral, podendo expressar o valor esperado da variável dependente como uma função de várias variáveis regressoras ou como função de polinômio de maior grau de uma única variável regressora (CHARNET et al., 2008).

O modelo de Relação Linear Múltipla, que descreve a relação de uma variável dependente e demais variáveis independentes, pode ser descrito como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (2)$$

O MRLM possui k regressoras, em que Y refere-se a variável resposta. Os coeficientes de regressão β (1,2,3... n) medem a variação esperada em Y por unidade de variação em X_i ($i = 1,2,3,\dots,n$) quando x_i for constante. O ε refere-se ao erro de previsão do modelo, ou seja, é o resíduo que resulta da diferença entre os valores reais e os previstos da variável dependente (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

3.1.2 Modelo de regressão de Poisson

Quando se tem como variável dependente dados de contagem, e se deseja estudar a sua relação com outras variáveis independentes, pode ser utilizado o modelo de Regressão de Poisson, que pertence à classe dos Modelos Lineares Generalizados e dos Modelos Aditivos Generalizados. A regressão de Poisson também pode ser utilizada para modelar dados de corte, retrospectivos ou prospectivos, taxas e ocorrências de eventos raros, entre outros (COELHO, 2007).

Ao se trabalhar com dados de contagem a distribuição de probabilidade, na maioria das vezes, é a de Poisson (MENDES, 2007; COELHO 2007).

Ramalho (1996) ressalta as seguintes razões para isso:

- a) A distribuição de Poisson adequa-se à principal característica dos dados de contagem, ou seja, o fato destes assumirem apenas valores inteiros não negativos;
- b) Após a estimação, torna-se possível inferir relativamente a probabilidade de acontecimentos futuros de uma dada ocorrência, admitindo-se que o modelo está bem ajustado;
- c) O modelo de Poisson tem uma estrutura simples, sendo considerado de fácil estimação;

A distribuição de Poisson, além de descrever dados experimentais representando contagens, pode modelar o número de eventos em qualquer intervalo de tempo fixado, desde que ocorram aleatória e independentemente no tempo com taxa de ocorrência constante (CORDEIRO; PAULA, 1989).

Cordeiro e Paula (1989) ainda destacam que o modelo de Poisson na análise de dados categorizados, desempenha o mesmo papel do normal na análise de dados contínuos. A principal diferença é que a estrutura multiplicativa para as médias do modelo de Poisson é mais adequada do que a estrutura aditiva das médias do modelo normal. Na análise de dados categorizados, a média μ pode ser expressa como um produto de outras médias marginais, que se tornam os parâmetros lineares do modelo ao se adotar a escala logarítmica para μ .

Ao se estimar um MLG com distribuição de Poisson e função de ligação canônica (o logaritmo da média), frequentemente alguns problemas podem surgir como, por exemplo, superdispersão ou números excessivos de zeros. Verificada a presença de superdispersão, pode-se levar em conta a hipótese de que, condicionada nos parâmetros, a variável dependente possui distribuição de Poisson. Isto quer dizer que os parâmetros da Poisson são considerados como variáveis aleatórias com distribuição conhecida. Se a distribuição a priori dos parâmetros for Gama, chega-se a solução da Binomial Negativa para a distribuição da variável dependente (MENDES, 2007).

O fato de modelo de Poisson impor a restrição da média e da variância serem iguais faz com que existam modelos alternativos, pois alguns dados podem não apresentar tal característica. O mais comum destes modelos é o Binomial Negativo (RAMALHO, 1996).

3.1.3 Modelo de Regressão Binomial Negativo

A distribuição Binomial Negativa pode ser derivada de diferentes formas, sendo esta apresentada dentro dos MLG como o número de fracassos Y antes da ocorrência do r -ésimo sucesso em uma sequência de ensaios Bernoulli independentes e identicamente distribuídos, Y e r devem ser inteiros positivos e a distribuição pode ser chamada de Pascal, de Polya ou Binomial Negativa (RODRIGUES, 2012).

Em se tratando de dados de contagem com presença de superdispersão, o que geralmente surge da heterogeneidade entre os indivíduos e da dependência entre os eventos, sugere-se o uso de extensões do modelo Poisson como, por exemplo, o modelo Poisson Inflacionado de Zeros, ou o modelo Binomial Negativo que consiste em uma mistura das distribuições Gama e Poisson (TRINDADE, 2014).

A função de probabilidade da distribuição Binomial Negativa é dada por:

$$fY(y; r, p) = P(Y = y) = \binom{y+r-1}{y} p^y (1-p)^r, y = 0, 1, 2, \dots, \quad (3)$$

Em que $\binom{y+r-1}{y} = \frac{(y+r-1)!}{y!(r-1)!}$

3.1.4 Risco relativo

O risco relativo é uma medida muito utilizada em estudos epidemiológicos, como por exemplo, para avaliar o impacto da concentração de poluentes atmosféricos na saúde de determinada população exposta. Pode ser definido como a relação de probabilidade de um evento ocorrer após certa exposição a um fator considerado de risco (SOUZA et al., 2014).

No caso do MAG, com distribuição de Poisson, o risco relativo é estimado pela fórmula (TADANO; MAZZA; TOMAZ, 2014):

$$RR(x) = e^{\beta x} \quad (4)$$

Em que x é a variação da concentração do poluente. Para um nível de significância α , a hipótese a ser testada é definida como $H_0: RR(x) = 1$ contra $H_1: RR(x) > 1$. A não rejeição de H_0 implica estatisticamente que o poluente estudado não causa efeito adverso à saúde (SOUZA et al., 2014).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo destina-se a apresentar o método de pesquisa que foi empregado para se atingir o objetivo geral e específicos propostos neste estudo. Primeiramente serão apresentadas as características gerais que descrevem a natureza, objetivo e abordagem da pesquisa. Posteriormente, será explanado sobre o local da pesquisa, a coleta dos dados e como estes foram analisados.

4.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

Este estudo caracteriza-se como de natureza aplicada, que segundo Teixeira, Zamberlan e Rasia (2009), visa produzir conhecimentos com base em aplicações práticas voltadas a soluções de problemas específicos da realidade.

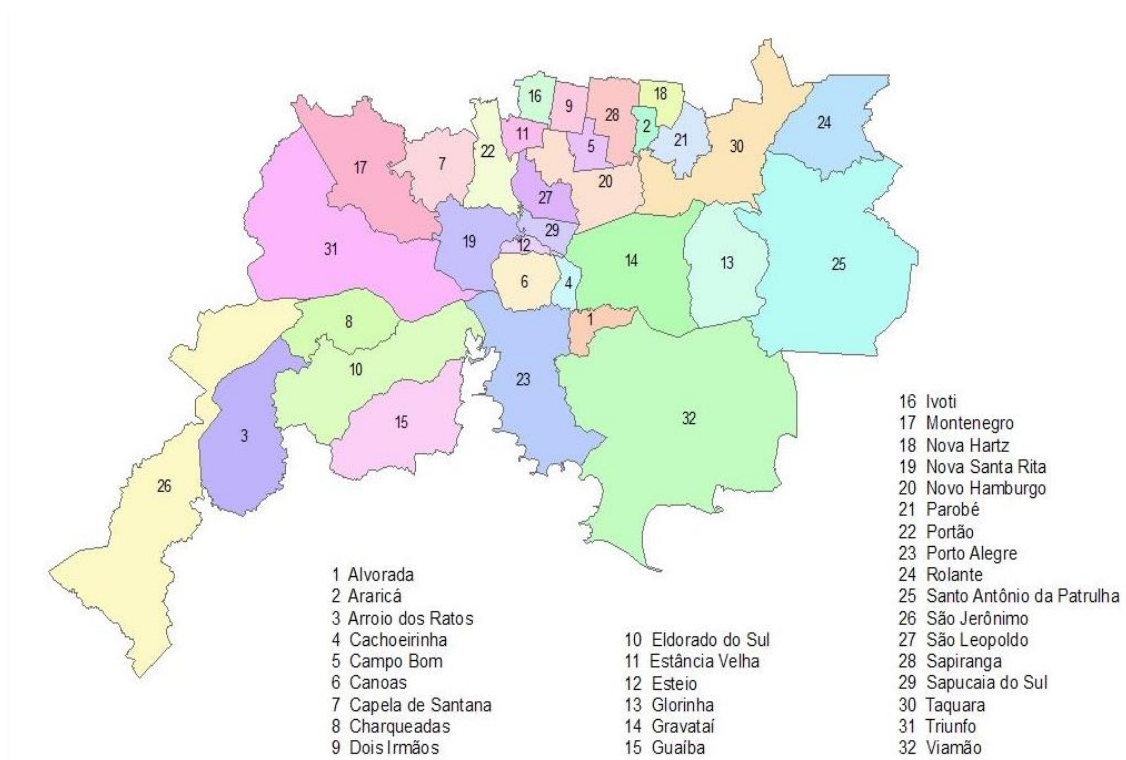
Quanto aos objetivos, a pesquisa caracteriza-se como exploratória que, no pensamento de Gil (2008), proporciona familiaridade com o problema estudado, podendo se concretizar por meio de levantamento bibliográfico, entrevistas e estudo de caso. Foi ainda uma pesquisa descritiva, em que, Vergara (2000) destaca que esta é capaz de demonstrar características de alguns fenômenos.

A pesquisa, do ponto de vista da abordagem, é quantitativa que segundo Fonseca (2002) apresenta resultados que podem ser quantificados, centra-se na objetividade e admite que a realidade só pode ser considerada com base nos dados brutos recolhidos com o apoio de instrumentos padronizados.

4.2 LOCAL E TIPO DE ESTUDO

A presente pesquisa se caracteriza como um estudo ecológico de séries temporais, que segundo Coelho (2007) é um tipo de delineamento caracterizado por estudar grupos de indivíduos de determinadas regiões geográficas. No caso deste trabalho, o local de pesquisa é o município de Canoas/RS, localizado na Região Metropolitana de Porto Alegre. Na Figura 4 pode ser observado o mapa dos municípios pertencentes a RMPA.

Figura 4 - Municípios pertencentes a região metropolitana de Porto Alegre (RMPA)



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE

A RMPA está localizada a aproximadamente 90 quilômetros do Oceano Atlântico, ficando ao norte da Laguna dos Patos, ao sul da Serra do Mar e pertence a região de Depressão Central, mesclando as baixas altitudes com os morros situados nos setores sul e sudeste de Porto Alegre. As circulações atmosféricas da RMPA são resultantes de ventos sudeste e noroeste, podendo-se afirmar que a região possui uma boa dispersão de poluentes atmosféricos devido as condições de circulação dos ventos (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2014). O município de Canoas corresponde ao número 6 no mapa, estando localizado próximo ao município de Porto Alegre.

4.3 COLETA DE DADOS

Os dados referentes às internações por doenças respiratórias foram obtidos no Sistema de Internações Hospitalares (SIH) do DATASUS, o qual disponibiliza informações relacionadas às atividades do Sistema Único de Saúde (SUS). Os dados foram agrupados por dia sendo considerados todos os tipos de doenças respiratórias (CID10:J00-J99) ocorridas no ano de 2014 em Canoas. Para este trabalho foram selecionadas as informações sobre a data e o

local de internação, o diagnóstico, a idade e o sexo do paciente. Optou-se por estudar as hospitalizações por doenças respiratórias em crianças/adolescentes (<14 anos) e idosos (>60) pois, conforme se observou na literatura, estas faixas etárias são as mais afetadas pelo efeito dos poluentes.

A Classificação Internacional das Doenças (CID-10), considera como doenças respiratórias: infecções agudas das vias aéreas superiores, influenza (gripe) e pneumonia, outras infecções agudas das vias aéreas inferiores, outras doenças das vias aéreas superiores, doenças crônicas das vias aéreas inferiores, doenças pulmonares devidas a agentes externos, outras doenças respiratórias que afetam principalmente o interstício, afecções necróticas e supurativas das vias aéreas inferiores, outras doenças da pleura, outras doenças do aparelho respiratório (DATASUS).

A FEPAM forneceu a série histórica das medições dos poluentes realizadas no município de Canoas no ano de 2014 e 2015. Devido ao fato de haver grande número de dados faltantes em 2015, foi utilizada apenas a série histórica de 2014, a qual se refere as medições dos seguintes poluentes: material particulado (PM_{10}), Ozônio (O_3), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO). Os dados disponíveis foram as médias horárias dos poluentes legislados (CONAMA 03/1990).

Também foram utilizados, como variáveis de controle, os registros diários da umidade relativa média (%) e da temperatura mínima ($^{\circ}C$), obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes ao município de Porto Alegre, localizado a 16,7 Km de Canoas, devido ao fato de não existirem dados disponíveis dessas variáveis em Canoas.

4.4 ANÁLISE DOS DADOS

O primeiro passo para a realização da análise dos dados foi o ajuste nos bancos de dados coletados. No período analisado, houve um total de 52 dados faltantes (14,24%), correspondendo a 29 medidas diárias de PM_{10} (7,92%); 9 de O_3 (2,46%); 9 de CO (2,46%) e 5 de SO_2 (1,37%), os quais foram substituídos pela média do mês correspondente ao dado faltante.

Após o ajuste dos dados, foi necessário investigar determinados comportamentos dos casos observados, a estatística descritiva é capaz de possibilitar tal feito. Segundo Blair e Taylor (2013, p. 04) “a estatística descritiva é composta de várias técnicas usadas para resumir a informação contida em um conjunto de dados”.

Afim de decidir o modelo de regressão a ser utilizado, foi testada a normalidade dos dados, sendo verificado que estes não seguiam uma distribuição normal. Partindo deste fato, considerando-se que a variável dependente é composta por dados de contagem, partiu-se para a análise de modelos adequados para este tipo de variável.

Com base na revisão de literatura, verificou-se que um dos modelos mais adequados para se estudar o tema da pesquisa proposto é o Modelo Aditivo Generalizado de Regressão de Poisson, o qual tem como pressuposto que a média e a variância da variável resposta sejam iguais. Dados de contagem que não atendem a este pressuposto podem ser modelados utilizando-se a distribuição Binomial Negativa conforme Rodrigues, (2012). No caso desta pesquisa, os dados apresentaram sobredispersão, isto é, a variância foi maior do que a média, indicando a melhor adequação ao modelo de regressão Binomial Negativa.

Foram considerados neste estudo, como variáveis dependentes, o número de internações em menores de 14 anos e, também, em maiores de 60 anos. Como variáveis predictoras para os respectivos modelos, foram considerados os poluentes (MP_{10} , O_3 , CO e SO_2) assim como a temperatura mínima e a umidade relativa média do ar, utilizadas como variáveis de controle.

A fim de verificar o efeito da poluição atmosférica no número de internações por doenças respiratórias em <14 anos e >60 anos no mesmo dia, no dia seguinte e em até sete dias posteriores a exposição ao poluente, foi construído um banco para cada defasagem (Lag), pois conforme literatura (AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012; BARBOSA et al., 2015), os efeitos da poluição atmosférica na saúde podem surgir no mesmo dia (Lag 0) ou em dias posteriores (Lag 1, Lag 2, Lag3,...,Lag7).

Para verificar a associação do número de internações com os poluentes, foi calculado o risco relativo (RR) em cada defasagem. Para fins de comparação com resultados de outros autores, foi estimado o risco relativo percentual (RR%) para o aumento da diferença interquartílica de cada poluente (ROMÃO et al., 2013; JASINSKI; PEREIRA; BRAGA, 2011), enquanto que para o MP_{10} foi considerado um incremento de $10 \mu g/m^3$ para o cálculo do risco relativo percentual (NASCIMENTO; FRANCISCO 2013; PINHEIRO et al., 2014).

O *software* utilizado para as análises estatísticas foi o PASW 18 e o nível de significância adotado foi de 5%.

5 ARTIGO 1: POLUIÇÃO DO AR COMO FATOR DE RISCO PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA NO ESTADO DE SÃO PAULO²

AIR POLLUTION AS A RISK FACTOR FOR HEALTH: A SYSTEMATIC REVIEW IN THE STATE OF SÃO PAULO

Contextualização

No começo do século XX, o ar necessário para a respiração de todos os seres vivos da Terra ainda não era abordado de forma tão evidente, pois acreditava-se que este estaria constantemente disponível de forma a manter a vida no planeta (RUSSO, 2010).

O número crescente da circulação de veículos no mundo e as atividades industriais, são fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera (CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013). Esta pode ser originada também por fontes naturais como, por exemplo, queima acidental de biomassa (material derivado de plantas ou animais) e erupções vulcânicas (CANÇADO et al., 2006; GONÇALVES et al., 2010).

Novas fontes de poluentes, como a queima de combustíveis fósseis pelos motores, a combustão e a expansão das indústrias siderúrgicas ganharam força com a revolução industrial e isso ocorreu sem um acompanhamento dos possíveis danos que esses poluentes poderiam causar à saúde humana (COELHO, 2007; MARIO, 2012).

Esses acontecimentos refletiram em episódios de poluições excessivas, que geraram um aumento no número de mortalidades em algumas cidades da Europa e dos Estados Unidos. Pode-se destacar o mais grave dos episódios ocorrido em 1952, na cidade de Londres, que foi provocado por uma inversão térmica, em que uma quantidade demasiada de poluentes permaneceu sobre a cidade durante três dias, ocasionando um aumento de 4000 mortes em relação à média do mesmo período (BRAGA et al., 2001).

Tais episódios impulsionaram estudos na área da Epidemiologia com a finalidade de analisar os efeitos dos poluentes atmosféricos na saúde. A partir disso, diversos países passaram a formular padrões de qualidade do ar, estabelecendo limites de tolerância, os quais garantiriam que a saúde da população não fosse afetada (MARTINS et al., 2001; CASTRO; GOUVEIA; CEJUDO, 2003; CANÇADO et al., 2006).

Apesar de avanços terem surgido nas últimas décadas, em relação a práticas que proporcionem um ar mais limpo, principalmente nos países desenvolvidos, os atuais níveis de

² Artigo publicado na Revista Estudos Avançados – USP, v. 30, n. 86, 2016. Autores: Steffani Nikoli Dapper, Caroline Spohr e Roselaine Ruviano Zanini. Artigo anexado conforme normas da revista em que foi publicado.

poluição atmosférica continuam a ser considerados danosos para a saúde (GOUVEIA et al., 2006).

Estudos sobre a poluição atmosférica e os efeitos na saúde da população tem demonstrado que, mesmo quando os poluentes se encontram abaixo dos níveis determinados pela legislação, estes são capazes de provocar efeitos na saúde das pessoas (MARTINS et al., 2002; MORAES et al., 2010; AMÂNCIO e NASCIMENTO, 2012; GAVINIER e NASCIMENTO, 2014).

Dentre as faixas etárias mais atingidas pelos efeitos da poluição do ar, estão as crianças e os idosos. Pessoas que já possuem problemas respiratórios também se tornam mais suscetíveis a sofrer com a elevação nos níveis de poluentes atmosféricos (MARTINS et al., 2001; SILVA et al., 2013).

Além de provocarem efeitos na saúde da população, os problemas causados pela poluição do ar também geram impactos negativos no que se refere à perspectiva econômica e social. Queda da produtividade agrícola, aumento de custos dos sistemas de saúde, maior vulnerabilidade das populações carentes podem ser vistas como exemplos de problemas causados pela contaminação do ar (INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE, 2014).

Os efeitos dos poluentes causados ao meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas, além de afetarem as comunidades próximas à fonte de emissão, podem viajar milhares de quilômetros pela atmosfera, atingindo locais distantes (LEITE et al., 2011).

Os mecanismos pelos quais a poluição do ar interfere na saúde das pessoas ainda não são totalmente conhecidos. Diante disso, estudos epidemiológicos que avaliam essa questão são fundamentais, considerando-se comprovada morbidade respiratória e o efeito negativo que determinados poluentes são capazes de causar na qualidade de vida da população, sendo as hospitalizações apenas um dos efeitos gerados pela degradação do ar (NEGRISOLI e NASCIMENTO, 2013).

No Brasil, os estudos epidemiológicos analisando a associação de poluentes com problemas na saúde concentram-se no estado de São Paulo. Esta pesquisa teve como objetivo realizar uma revisão sistemática de estudos que avaliaram a relação de doenças com a poluição atmosférica no estado de São Paulo no período de 2010 a 2015, a fim de verificar quais os poluentes e as doenças mais estudadas, a faixa etária dos indivíduos pesquisados, bem como analisar os resultados das pesquisas quanto à existência ou não da influência dos poluentes na saúde humana.

Poluentes atmosféricos e suas consequências para a saúde

As estações de monitoramento são responsáveis por monitorar a qualidade do ar. Os equipamentos de medição são caros e requerem grandes estruturas (JACOMINO et al., 2009). No estado de São Paulo o órgão responsável pelo monitoramento do ar é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) que realiza a medição sistemática da qualidade do ar. Os poluentes monitorados pela CETESB servem de indicadores da qualidade do ar e são escolhidos devido a sua frequência de ocorrência e os seus efeitos adversos. São eles: material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), compostos orgânicos voláteis (COV) e óxidos de nitrogênio (NO_x) (CETESB, 2015).

Yanagi et al. (2012) salientam que o termo amplo “material particulado” engloba uma série de poluentes tanto sólidos como líquidos que podem ficar suspensos na atmosfera devido ao seu tamanho reduzido.

Estudos epidemiológicos no Brasil têm evidenciado associações de material particulado com a incidência de doenças. Pandya et al. (2002) ressaltam que os gases e partículas ultrafinas provenientes da queima de combustíveis, principalmente do diesel, são fatores responsáveis pela maior incidência de asma brônquica e outras doenças alérgicas em indivíduos.

Gouveia et al. (2006) em seu estudo na cidade de São Paulo/SP, identificaram associação de material particulado inalável (PM₁₀) ao incremento de 4,6% nas internações por asma em crianças, de 4,3% por doença pulmonar obstrutiva crônica em idosos e de 1,5% por doença isquêmica do coração também em idosos.

Comparado a outros poluentes, o ozônio (O₃) é o mais complexo e difícil de ser controlado. Este não é emitido diretamente, pois forma-se na baixa atmosfera através de reações fotoquímicas. Os picos de ozônio ocorrem tipicamente em períodos de calor, elevada radiação solar e tempo seco (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL, 2014). O estudo de Freitas et al. (2004) encontrou associação entre o aumento de admissões por doenças respiratórias com o ozônio (O₃).

Coelho (2007) ressalta que elevadas concentrações de dióxido de nitrogênio (NO₂) podem provocar problemas respiratórios, especialmente em crianças. Pessoas com asma também podem sofrer com problemas respiratórios adicionais ao entrar em contato com este poluente.

No que se refere ao dióxido de enxofre (SO₂), Freitas et al. (2004) ressaltam que este pode ser facilmente absorvido pelas vias respiratórias superiores, gerando riscos para a saúde. No estudo de Martins et al. (2002) o dióxido de enxofre não ultrapassou os limites aceitáveis dos níveis dos poluentes, mas mesmo assim se mostrou associado aos atendimentos por

pneumonia e gripe em idosos. Além disso, NASCIMENTO, L. F. C.; MÓDOLO, C. C. M.; CARVALHO, J. A. J. 2004 encontraram correlação positiva entre dióxido de enxofre (SO₂) com o número de internações por doenças respiratórias.

Coelho (2007) destaca que o monóxido de carbono (CO), é capaz de inibir a troca de oxigênio do sangue com os tecidos vitais e, em concentrações elevadas, pode provocar a morte por envenenamento, afetando principalmente o sistema cardiovascular e nervoso. Martins et al. (2001) encontraram associação de monóxido de carbono (CO) com atendimentos por infecções de vias aéreas superiores em São Paulo/SP.

Metodologia

Esta pesquisa consiste em uma revisão sistemática desenvolvida com base em estudos sobre a associação da poluição com doenças no estado de São Paulo. Linde e Willich (2003) destacam que a revisão sistemática é uma forma de pesquisa que se baseia na literatura como fonte de dados, sendo considerada capaz de apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, e proporcionando base para investigações futuras.

Para a obtenção dos artigos a serem analisados, utilizou-se os descritores “poluição do ar”, “qualidade do ar São Paulo” e “poluição do ar São Paulo” na base de dados Scielo (Scientific Electronic Library Online). O período de pesquisa incluiu estudos publicados de 2010 a 2015.

Primeiramente foram lidos os resumos dos artigos encontrados e assim selecionadas as pesquisas a serem utilizadas na análise. Os critérios de inclusão de artigos foram: artigos publicados em periódicos nacionais e que analisaram a associação da poluição do ar e os efeitos na saúde no estado de São Paulo. Os critérios de exclusão foram artigos que analisaram somente a associação das condições meteorológicas com problemas na saúde, utilizando variáveis como temperatura, umidade, entre outras.

Resultados

Este tópico apresenta os principais resultados dos estudos referentes à poluição do ar e os efeitos na saúde desenvolvidos no estado de São Paulo.

Foram encontrados o total de 92 artigos utilizando os descritores na base de dados Scielo, dos quais 18 se encaixaram nos critérios de inclusão e foram selecionados para a análise.

Na Tabela 1 são apresentados os estudos realizados no período de 2010 a 2015 no estado de São Paulo e publicados em periódicos nacionais.

Ribeiro e Pesquero (2010) desenvolveram seu estudo na cidade de Espírito Santo do Turvo/SP. Os autores investigaram o impacto da queima de cana-de-açúcar na qualidade do ar em uma área sujeita anualmente a esse processo e os efeitos da poluição, em longo prazo, nas condições de saúde respiratória de alunos vivendo na região. Foram comparados os resultados dos questionários obtidos em Espírito Santo do Turvo/SP com àqueles obtidos em Jujutiba/SP (cidade onde não é realizada queimada de cana-de-açúcar). Os níveis dos poluentes amostrados, durante a safra de cana de açúcar, apresentaram-se abaixo dos padrões recomendados pela legislação brasileira, mesmo assim puderam ser considerados como fatores de risco à saúde respiratória das crianças.

Jasinski et al. (2011) avaliaram os efeitos da poluição em morbidades respiratórias de crianças e adolescentes na cidade de Cubatão/SP. Os resultados mostraram que nas crianças de 0 a 10 anos foram observados os efeitos do material particulado (PM₁₀) e do ozônio (O₃), já nos adolescentes foi verificada associação da poluição com a exposição aguda ao ozônio (O₃).

Amâncio e Nascimento (2012) estimaram o risco para internações por asma em crianças após a exposição de poluentes na cidade de São José dos Campos/SP. Por meio das análises realizadas, foi encontrada forte correlação entre internações com material particulado e dióxido de enxofre. Esses dois poluentes estiveram associados a riscos relativos significativos de 1,01 a 1,04 para internação por asma no mesmo dia e em três dias após a exposição. Quando é aumentada as concentrações desses poluentes, eleva-se o risco de internação em 8% e 19%, respectivamente. Os autores concluíram que há evidências da influência dos poluentes atmosféricos nas internações por asma na cidade estudada.

Tabela 1 – Pesquisas no estado de São Paulo sobre o efeito da poluição do ar na saúde
(continua)

Autor	Cidade	Ano	Periódico	Título
Ribeiro e Pesquero	Espírito Santo do Turvo	2010	Estudos Avançados	Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças
Jasinski et al.	Cubatão	2011	Cadernos de Saúde Pública	Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004
Amâncio e Nascimento	São José dos Campos	2012	Revista da Associação Médica Brasileira	Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais

Tabela 1 – Pesquisas no estado de São Paulo sobre o efeito da poluição do ar na saúde

(conclusão)

Carneseca et al.	Ribeirão Preto	2012	Cadernos de Saúde Pública	Associação entre a poluição atmosférica por material particulado e contagens mensais de procedimentos de inalação e nebulização em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil
Nascimento et al.	São José dos Campos	2012	Cadernos de Saúde Pública	Poluentes ambientais e internações devido a acidente vasculoencefálico
Yanagi et al.	São Paulo	2012	Cadernos de Saúde Pública	Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil
Cesar et al.	Piracicaba	2013	Revista de Saúde Pública	Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças
Nardocci et al.	Cubatão	2013	Cadernos de Saúde Pública	Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil
Nascimento e Francisco	São José dos Campos	2013	Cadernos de Saúde Pública	Material particulado e internação hospitalar por hipertensão arterial em uma cidade brasileira de porte médio
Negrisoni e Nascimento	Taubaté	2013	Revista Paulista de Pediatria	Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças
Romão et al.	Santo André	2013	Cadernos de Saúde Pública	Relação entre baixo peso ao nascer e exposição ao material particulado inalável
Amâncio e Nascimento	São José dos Campos	2014	São Paulo Medical Journal	Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vâsculo encefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes: estudo ecológico de séries temporais
Gavinier e Nascimento	Sorocaba	2014	Ambiente & Água	Poluentes atmosféricos e internações por acidente vascular encefálico
Lima et al.	São José dos Campos	2014	Ambiente & Água	Associação entre a exposição materna ao material particulado e parto prematuro
Nicolussi et al.	Ribeirão Preto	2014	Revista de Saúde Pública	Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares
Pinheiro et al.	São Paulo	2014	Revista de Saúde Pública	Efeitos isolados e sinérgicos do MP ₁₀ e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias
Santos et al.	São José dos Campos	2014	Revista Paulista de Pediatria	O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista
Barbosa et al.	São Paulo	2015	Cadernos de Saúde Pública	Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme

Carneseca et al. (2012) analisaram os efeitos do material particulado inalável (PM₁₀) sobre o número de nebulizações realizadas, considerando-se que esse procedimento pode estar relacionado com eventos adversos à saúde, principalmente se tratando de doenças respiratórias.

Com os resultados encontrados, pode-se verificar que o material particulado (PM_{10}) se mostrou associado ao número de nebulizações realizadas.

O estudo de Nascimento et al. (2012), na cidade de São José dos Campos (SP), buscou estimar os efeitos da poluição atmosférica nas internações por acidente vasculoencefálico. Com os resultados foi verificado que a exposição ao material particulado, no mesmo dia, está associado às internações por acidente vasculoencefálico ($RR=1,013$; $IC95\%:1,001-1,025$). Verificou-se também que um acréscimo de $10\mu g/m^3$ de material particulado, aumenta o risco de internações em 12% ($RR=1,137$; $IC95\%:1,014-1,276$). Com base nesses resultados, os autores concluíram que o material particulado no modelo multipolvente, está associado a internações por acidente vasculoencefálico.

Yanagi et al. (2012) verificaram a influência do material particulado inalável (PM_{10}) na incidência e mortalidade por câncer nos distritos em que os poluentes são monitorados em São Paulo/SP. Verificou-se que, pele, pulmão, tireoide, laringe e bexiga apresentaram coeficientes de correlação entre 0,60 e 0,80 em alguns períodos para a incidência de câncer. No que se refere aos dados sobre a mortalidade, o câncer de pulmão obteve mais correlações nesse intervalo. A análise espacial demonstrou que distritos distantes do centro da cidade de São Paulo, apresentaram risco relativo acima do esperado. O estudo revelou que a análise da distribuição espacial dos tipos de câncer em alguns distritos estudados, apresentou risco de mortalidade mais elevado do que a de incidência, indicando possíveis deficiências no acesso a diagnósticos e tratamento. Os autores concluíram que o material particulado influencia no aumento da incidência de alguns tipos de câncer contribuindo, conseqüentemente, para a mortalidade por câncer.

Na cidade de Piracicaba/SP, Cesar, Nascimento e Carvalho (2013) estimaram a associação entre material particulado de 2,5 micra e internações por doenças respiratórias em crianças. Verificou-se que o incremento de $10\mu g/m^3$ de material particulado implica no aumento de 7,9 a 8,6 pontos percentuais no risco relativo. Os autores concluíram que a exposição ao material particulado com menos de 2,5 micra mostrou-se associado às internações por doenças respiratórias em crianças.

Nardocci et al. (2013) analisaram a relação da poluição do ar com doenças respiratórias e cardiovasculares verificando associação entre o material particulado com internações para doenças respiratórias totais, doenças respiratórias em menores de 5 anos e doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos. Também foi verificado a relação de dióxido de enxofre (SO_2) em maiores de 39 anos e ozônio (O_3) com doenças cardiovasculares em maiores de 39 anos e doenças respiratórias para menores de 5 anos.

Nascimento e Francisco (2013) avaliaram a associação da exposição das pessoas ao material particulado com internações por hipertensão. Foi verificado que um aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de material particulado (PM_{10}) aumenta em 13% o risco de internações por hipertensão no município de São José dos Campos/SP.

Negrisoni e Nascimento (2013) desenvolveram o primeiro estudo na cidade de Sorocaba/SP sobre a relação entre poluentes e internações por pneumonia na infância. Foram encontradas fortes correlações entre os poluentes e as internações (com exceção do ozônio (O_3)). Os autores concluíram que foi possível identificar efeito agudo do dióxido de nitrogênio (NO_2) nas internações por pneumonia, sendo que o efeito do material particulado foi mais tardio, quatro dias após a exposição.

Romão et al. (2013) verificaram que as concentrações de material particulado (MP_{10}) no terceiro semestre gestacional aumentam o risco de baixo peso ao nascer em 26% no município de Santo André/SP, ressaltando que os efeitos da poluição vão além de doenças cardiorrespiratórias.

Amâncio e Nascimento (2014) estudaram a associação entre exposição a poluentes e risco de morte por acidente vascular cerebral. O estudo foi desenvolvido na cidade de São José dos Campos/SP e foi verificada a significância estatística entre a exposição ao material particulado em modelo unipolvente e a importância do material particulado e dióxido de enxofre no modelo multipolvente. Percebeu-se que o aumento do risco foi de 10% a 7% para material particulado e dióxido de enxofre, respectivamente. Concluiu-se que a exposição a poluentes pode ser um fator de risco para morte por acidente vascular cerebral.

Gavinier e Nascimento (2014) estimaram a associação entre poluentes e hospitalizações por acidente vascular encefálico (AVE) em indivíduos com 50 anos de idade ou mais na cidade de Sorocaba/SP, sendo os pioneiros a tratar tal assunto no Brasil. Foi possível identificar associação entre dióxido de nitrogênio (NO_2) e internações por AVE ($\text{RR}=1,004$; $\text{IC}_{95\%}$ 1,000-1,008) para o terceiro dia de defasagem. Os autores também observaram que o incremento de $10\mu\text{g m}^{-3}$ de NO_2 representou um aumento de 4 pontos percentuais no risco de internações. Os autores concluíram que o dióxido de nitrogênio está associado a hospitalizações por acidente vascular encefálico em Sorocaba/SP.

Lima et al. (2014) estimaram a relação da exposição de mulheres grávidas ao material particulado (PM_{10}) e os partos prematuros em São José dos Campos/SP. Os autores concluíram que a exposição da mãe ao material particulado (PM_{10}) apresenta efeito agudo no nascimento de bebês prematuros. Este estudo foi o primeiro a investigar os efeitos da poluição no parto prematuro no Brasil.

Nicolussi et al. (2014) investigaram a prevalência de doenças respiratórias alérgicas em escolares levando em conta regiões urbanas diferentes e o fluxo de veículos. Os resultados indicaram que onde há intenso tráfego veicular ocorreu a prevalência de asma, rinite e outros sintomas associados.

Pinheiro et al. (2014) analisaram o efeito da poluição atmosférica e da temperatura nos casos de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. Os resultados das pesquisas demonstraram que um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração do material particulado (PM_{10}) possui um risco relativo de 0,85% (0,45;1,25) para doenças cardiovasculares e 1,60% (0,74;2,46) para doenças respiratórias.

Santos et al. (2014) estudaram a associação da exposição materna a poluentes atmosféricos com o baixo peso ao nascer de bebês. Os resultados demonstraram que não foi encontrada associação do baixo peso ao nascer com os poluentes, com exceção do dióxido de enxofre (SO_2) que se mostrou associado no último mês de gestação (OR=1,25; IC95% 1,00-1,56).

Barbosa et al. (2015) analisaram a associação da poluição com atendimentos de emergência pediátrica de portadores de anemia falciforme verificando que o material particulado (PM_{10}), dióxido de nitrogênio (NO_2), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO) e ozônio (O_3) estiveram associados com um aumento de 18,9%, 19%, 14,4%, 16,5% e 9,8%, respectivamente, nos atendimentos totais.

Na Tabela 2 são apresentadas as principais doenças e poluentes estudados nas pesquisas, bem como a faixa etária dos indivíduos.

Tabela 2 – Principais doenças e poluentes estudados no estado de São Paulo (2010-2015)

(continua)

Autor e ano	Variáveis		Idade
	Doenças	Poluentes	
Ribeiro e Pesquero, 2010	Respiratórias	PM_{10} , PTS* e NO_2	10 a 13
Jasinski et al. 2011	Respiratórias	PM_{10} , NO_2 , SO_2 e O_3	0 a 19
Amâncio e Nascimento, 2012	Asma brônquica	PM_{10} , O_3 , SO_2	≤ 10
Carnesecca et al. 2012	Procedimentos de inalação/nebulização	MP_{10}	Todas
Nascimento et al. 2012	Acidente vascular cerebral	PM_{10} , SO_2 , O_3	≥ 50

Tabela 2 – Principais doenças e poluentes estudados no estado de São Paulo (2010-2015)

(conclusão)

Yanagi et al. 2012	Incidência e mortalidade por câncer	MP ₁₀	Todas
Cesar et al. 2013	Respiratórias	MP ₁₀	0 a 10
Nardocci et al. 2013	Respiratórias e cardiovasculares	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂	<5 e >39
Nascimento e Francisco, 2013	Hipertensão arterial	PM ₁₀ , O ₃ , SO ₂	Todas
Negrisoni e Nascimento, 2013	Pneumonia	MP ₁₀ , NO, NO ₂ , SO ₂ , O ₃	0 a 10
Romão et al. 2013	Peso ao nascer	PM ₁₀	Recém-nascidos
Amâncio e Nascimento, 2014	Acidente vascular cerebral	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	Todas
Gavinier e Nascimento, 2014	Acidente vascular cerebral	MP ₁₀ , O ₃ , NO, NO ₂	≥50
Lima et al. 2014	Recém-nascidos prematuros	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	Recém-nascidos
Nicolussi et al. 2014	Asma, rinite e eczema atópico	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	6 a 7
Pinheiro et al. 2014	Respiratórias e cardiovasculares	PM ₁₀	>40 >60
Santos et al. 2014	Peso ao nascer	MP ₁₀ , SO ₂ , O ₃	Recém-nascidos
Barbosa et al. 2015	Anemia falciforme	MP ₁₀ , NO ₂ , SO ₂ , CO, O ₃	<18

Pode-se observar, com base nos estudos encontrados, que as principais doenças estudadas no estado de São Paulo no período de 2010 a 2015 se referem, em primeiro lugar, a doenças do trato respiratório em crianças. Tadano (2007) salienta que as crianças são mais suscetíveis aos efeitos da poluição por consumirem o dobro da quantidade de ar dos adultos.

Em segundo lugar aparecem doenças venosas como acidente vascular cerebral e problemas cardiovasculares. Em terceiro lugar foi estudado o peso ao nascer dos bebês.

Incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme também foram relacionados com a poluição atmosférica, apresentando resultados positivos na associação com os poluentes estudados.

Conclusão

A sociedade vem ampliando gradativamente a importância das responsabilidades sociais e ambientais atreladas aos processos de produção de bens e serviços. Qualquer movimento a favor da formulação de modelos de desenvolvimento mais equilibrados, capazes de sustentar uma relação harmônica entre fatores econômicos, sociais e ambientais, vem se destacando nos últimos anos. Isto é mais relevante considerando as alterações climáticas que vem ocorrendo em todo o mundo e os seus possíveis reflexos nas condições de vidas no planeta (BATALHA et al., 2008).

Todos os estudos inclusos nesta revisão, sugerem que existe associação da poluição atmosférica com problemas na saúde das populações estudadas. Uma revisão dos efeitos da poluição do ar e os problemas na saúde realizada por Toledo e Nardocci (2011) na cidade de São Paulo/SP também encontrou resultados capazes de afirmar que a exposição à poluição atmosférica contribui para o aumento da mortalidade e morbidade, principalmente por doenças respiratórias e cardiovasculares.

Com esta pesquisa pode-se perceber que dentre os estudos desenvolvidos no estado de São Paulo, há uma diversidade de doenças estudadas, demonstrando que o efeito da poluição do ar não afeta apenas o sistema respiratório e circulatório da população, mas pode ser causador de risco para outros problemas como o baixo peso ao nascer, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme.

No que se refere a idade investigada, a maioria dos estudos avaliaram os efeitos da poluição do ar na saúde de crianças, idosos e de recém-nascidos. Percebe-se que poucas são as pesquisas nesta área realizadas com pessoas da faixa etária entre 18 e 64 anos. Sugere-se a investigação dos efeitos dos poluentes nestas idades, visto que alguns estudos demonstram a associação de poluentes com problemas na saúde também nesta faixa etária.

No que se refere aos poluentes estudados, a maioria dos trabalhos se limitou a usar os dados disponíveis pelo órgão estadual de monitoramento utilizando, principalmente, os níveis dos seguintes poluentes: monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), dióxido de nitrogênio (NO₂) e material particulado (PM₁₀), sendo este último o mais estudado. Entretanto, estudos mais abrangentes deveriam ser realizados para investigar o efeito de outros

poluentes, como compostos orgânicos voláteis que também podem ser potenciais causadores de risco para a saúde.

Além disso, com esta revisão foi possível constatar que os estudos desenvolvidos no período de 2010 a 2015 não se limitaram apenas à capital de São Paulo, a qual era o maior alvo dos estudos em períodos anteriores, mas também foram realizados em cidades de médio porte como Cubatão, Espírito Santo do Turvo, Piracicaba, Ribeirão Preto, Santo André, São José dos Campos, Sorocaba e Taubaté.

Por fim, pode-se verificar por meio desta revisão, que apesar dos avanços capazes de proporcionarem um ar mais limpo, os atuais níveis de poluição continuam a ser danosos para a saúde. Castro, Gouveia e Cejudo, (2003) destacam que para que sejam construídas políticas de saúde ambiental eficazes, torna-se necessário estudos que mostrem a relação entre poluição do ar e a saúde, pois estes podem garantir uma melhoria da qualidade de informação a ser utilizada pelos gestores.

Ressalta-se também a importância de estudos que tratem dos efeitos da interação das pessoas no meio ambiente, pois estes ampliam a possibilidade de adoção de medidas preventivas capazes de diminuir a degradação ambiental e, conseqüentemente, os efeitos nocivos à saúde das pessoas.

Este estudo será ampliado para investigar outras pesquisas que foram realizadas nos demais estados do Brasil e em outros países, relacionando os efeitos da poluição do ar com a saúde de populações.

Referências bibliográficas

AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C. F. L. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v.58, n.3, p.302-307. 2012.

AMÂNCIO, T. C.; NASCIMENTO, C. F. L. Poluição ambiental e óbitos devido a acidente vasculoencefálico em uma cidade com baixos níveis de poluentes: estudo ecológico de séries temporais. *São Paulo Medical Journal*, v.132, n.6. 2014.

BARBOSA, S. M. M. et al., Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.265-275. 2015.

BATALHA, O. M. (Coord.). *Introdução à engenharia de produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

BRAGA, A. et al., Poluição atmosférica e saúde humana. *Revista USP*, São Paulo, n.5, p.58-71, set./nov. 2001.

CANÇADO, J. E. D. et al., Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, v.32, n.Supl 1, p.S5-S11. 2006.

CARNESECA, C. E.; ACHCAR, A. J.; MARTINEZ, Z. E. Associação entre a poluição atmosférica por material particulado e contagens mensais de procedimentos de inalação e nebulização em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.28, n.8, p.1591-1598. 2012.

CASTRO, A. H.; GOUVEIA, N.; CEJUDO, E. A. J. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.6, n.2. 2003.

CESAR, G. C. A.; NASCIMENTO, C. F. L.; CARVALHO, A. J. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. *Revista de Saúde Pública*, v.47, n.6, p.1209-1212. 2013.

CETESB. *Poluentes*. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>> Acesso em: 28 nov. 2015.

COELHO, S. Z. S. M. *Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo*. São Paulo, 2007. Tese (Doutorado em Ciências) -Universidade de São Paulo.

FEPAM. Diagnóstico da Qualidade do Ar no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2012. 2014. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s. Acesso em: 17 nov. 2015.

FREITAS, C. et al., Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. *Revista Saúde Pública*, v.38, n.6, p.751-7. 2004.

GAVINIER, S.; NASCIMENTO, C. F. L. Poluentes atmosféricos e internações por acidente vascular encefálico. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v.9, n.03, jul. / sep. 2014.

GONÇALVES, T. L. F. et al. Modelagem dos processos de remoção sulfato e dióxido de enxofre presente no particulado em diferentes localidades da região metropolitana de São Paulo. *Revista brasileira de Geofísica*, v.28, p.109–119. 2010.

GOUVEIA, N. et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.22, n.12, p.2669–2677. 2006.

LIMA, C. A. T. et al. Associação entre a exposição materna ao material particulado e parto prematuro. *Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, Taubaté, v.9, n.1, jan./mar. 2014.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. *1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil*. 2014. Disponível em:

<http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf> Acesso em: 15 jun. 2015.

JACOMINO, F. M. V. et al. Avaliação da qualidade do ar em um polo produtor de ferro-gusa. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.14, n.4, p.511-520, out./dez. 2009.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.27, n.11, p.2242-2252. 2011.

LEITE, R. C. M. et al. Utilização de regressão logística simples na verificação da qualidade do ar atmosférico de Uberlândia. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.16, n.01, jan./mar. 2011.

LINDE K, WILLICH SN. How objective are systematic reviews? Differences between reviews on complementary medicine. *Journal of the Royal Society of Medicine*, v. 96, p.17-22. 2003.

MARIO, M. P. J. *Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS*. Porto Alegre, 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARTINS, L. C. et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.4, n.3, p.220–229. 2001.

MARTINS, L. C. et al Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil.. *Revista de saúde pública*, v.36, n.01, p.88–94. 2002.

MORAES, A. C. L. et al. *Sibilância em crianças e adolescentes vizinhos a uma indústria petroquímica no Rio Grande do Norte, Brasil*. *Jornal de pediatria*, v.86, n.04, p.337–344. 2010.

NARDOCCI, A. C. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.29, n.9, p.1867-1876. 2013.

NASCIMENTO, L. F. C. Poluentes ambientais e internações devido a acidente vasculoencefálico. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.28, n.7, p.1319-1324. 2012.

NASCIMENTO, L. F. C.; FRANCISCO, J. B. Material particulado e internação hospitalar por hipertensão arterial em uma cidade brasileira de porte médio. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.29, n.8, p.1565-1571. 2013.

NASCIMENTO, L. F. C.; MÓDOLO, C. C. M.; JUNIOR, C. A. J. Efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil: um estudo ecológico no Vale do Paraíba. *Revista Brasileira de Saúde Materna e Infantil*, Recife, v.04, n.4, p.367-374, out./dez. 2004.

- NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, C. F. L. Poluentes atmosféricos e interações por pneumonia em crianças. *Revista Paulista de Pediatria*, v.31, n.4, p.501-6. 2013.
- NICOLUSSI, F. H. et al. Poluição do ar e doenças respiratórias alérgicas em escolares. *Revista de Saúde Pública*, v.48, n.2, p.326-330. 2014.
- PANDYA, R. J. et al. Diesel exhaust and asthma: hypotheses and molecular mechanism of action. *Environ Health Perspect*, 110(suppl 1), p.103-12. 2002.
- PINHEIRO, S. L. L. A. et al. Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. *Revista de Saúde Pública*, v.48, n.6, p.881-888. 2014.
- RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. *Estudos Avançados*, v.24, n.68. 2010.
- ROMÃO, R. et al. Relação entre baixo peso ao nascer e exposição ao material particulado inalável. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.29, n.6, p.1101-1108. 2013.
- RUSSO, P. R. A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro : análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera. *Revista de Ciências Humanas*, v.10, n.01, p.78–93, jan./jun. 2010.
- SANTOS, V. P. et al. O papel dos poluentes atmosféricos sobre o peso ao nascer em cidade de médio porte Paulista. *Revista Paulista de Pediatria*, v.32, n.4, p.306–312. 2014.
- SILVA, C. M. A. et al. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. *Revista de Saúde Pública*, v.47, n.02, p.345-52. 2013.
- TADANO, S. Y. *Análise do impacto de MP10 na saúde populacional: estudo de caso em Araucária, PR*. 2007. Curitiba, 2007. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica) - Universidade tecnológica federal do Paraná.
- TOLEDO, G. I. F. M.; NARDOCCI, A. C. Poluição veicular e saúde da população: uma revisão sobre o município de São Paulo (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v.14, n.3, p.445-54. 2011.
- YANAGI, Y. ASSUNÇÃO, V. J. BARROZO, V. L. Influência do material particulado atmosférico na incidência e mortalidade por câncer no Município de São Paulo, Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v.28, n.9, p. 1737-1748. 2012.

Resumo

Além de prejudicar a fauna e a flora, a poluição atmosférica é capaz de afetar a saúde das pessoas. Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática dos estudos epidemiológicos desenvolvidos no estado de São Paulo que avaliaram os efeitos da poluição do ar na saúde da população. Todas as pesquisas encontradas sugerem que existe associação da poluição atmosférica com problemas na saúde das populações estudadas. Dentre os principais trabalhos desenvolvidos, há uma diversidade de doenças estudadas, demonstrando que o efeito da poluição do ar não afeta apenas o sistema respiratório, mas pode ser causador de risco para

outros problemas como o baixo peso ao nascer, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme.

Palavras-chave: Qualidade do ar. Poluição ambiental. Poluentes atmosféricos.

Abstract

In addition to damage the flora and fauna, air pollution can affect people's health. This study aimed to perform a systematic review of epidemiological studies in São Paulo that evaluated the effects of air pollution on health. All studies found suggest that there is an association between environmental pollution and health problems in the populations studied. Among the main work done, there is a diversity of diseases studied, demonstrating that the effect of air pollution not only affects the respiratory system, but can be risk causing to other problems such as low birth weight, incidence and mortality from cancer, premature births and sickle cell anemia.

Keywords: Air Quality. Environment pollution. Air pollutants.

6 ARTIGO 2: ASSOCIAÇÃO ENTRE INTERNAÇÕES HOSPITALARES E POLUENTES NA POPULAÇÃO DE CRIANÇAS, ADOLESCENTES E IDOSOS DO MUNICÍPIO DE CANOAS/RS

RESUMO

Ações resultantes do desenvolvimento econômico da sociedade passaram a repercutir em diversos problemas ambientais, sendo a poluição do ar um exemplo destes. A poluição atmosférica tem sido considerada como fator de risco para internações em diversos estudos no mundo. No Brasil, as pesquisas se concentram no estado de São Paulo, sendo poucos os estudos desenvolvidos em outras regiões do país. Esta pesquisa foi realizada no município de Canoas/RS e teve o objetivo de analisar a associação de poluentes (PM_{10} , O_3 , CO , SO_2) com o número de internações, em 2014, por doenças respiratórias em menores de 14 anos e maiores de 60 anos. Foi utilizada a regressão Binomial Negativa devido à presença de sobredispersão nos dados. Foram estimados os riscos relativos (RR) para defasagens (Lag) de até sete dias, bem como o risco relativo percentual (RR%) para o incremento de $10 \mu g/m^3$ de PM_{10} e do incremento da diferença interquartilica dos demais poluentes. Foi observado que ocorreram, no município de Canoas, 3080 internações por doenças respiratórias, em maior número nos idosos, sendo esta a principal causa de óbito na cidade, no período analisado. Com os resultados deste estudo, foi possível verificar a associação do PM_{10} (Lag 0, Lag 1 e Lag 3), do O_3 (Lag 0) e do SO_2 (Lag 5) com internações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes, e do CO (Lag 0, Lag 4, Lag 6 e Lag 7) e do O_3 (Lag 3), com o número de internações por doenças respiratórias em idosos. Tais resultados confirmam fortes indícios de que a poluição do ar é fator de risco importante para o surgimento e agravamento de problemas respiratórios no município de Canoas, alertando para a necessidade de ações efetivas para a redução da emissão de poluentes.

Palavras-chave: Poluição do ar. Doenças respiratórias. Regressão Binomial Negativa.

ASSOCIATION BETWEEN HOSPITALIZATION AND AIR POLLUTION IN THE CHILDREN, TEENS AND ELDERLY'S POPULATION OF CANOAS TOWN-BRAZIL

ABSTRACT

Actions resulting from the company's economic development began to reflect on various environmental issues and air pollution is an example of these. Air pollution has been considered a risk factor for admissions in various studies in the world. In Brazil, research is concentrated in São Paulo, with few studies carried out in other regions of the country. This research was conducted in Canoas, located in the Rio Grande do Sul state and aimed to analyze the pollutants association (PM_{10} , O_3 , CO , SO_2) with the number of hospitalizations in 2014 for respiratory diseases in children under 14 years and over 60 years. Negative Binomial regression was used due to the presence of over dispersed data. The relative risks were estimated (RR) for inconsistency (Lag) of up to seven days, and the relative percentage risk (RR%) to the increase of 10 mg/m^3 of PM_{10} and increase the interquartile range(also called H-spread) of other pollutants. It was observed that in Canoas, it occurred 3080 hospitalizations for respiratory diseases, mostly of the elderly, which was the main cause of death in the city, for the analyzed period. With the results of this study, it was possible to verify the association of PM_{10} (Lag 0, Lag 1 and Lag 3), O_3 (Lag 0) and SO_2 (Lag 5) with hospitalizations for respiratory diseases in children and adolescents, and CO (Lag 0, Lag 4, Lag 6 and Lag 7) and O_3 (Lag 3) to the number of hospitalizations for respiratory diseases in the elderly. These results confirm strong evidence that air pollution is an important risk factor for the beginning and worsening of respiratory problems in Canoas, alerting to the need for effective action to reduce emissions of pollutants.

Keys words: Air pollution. Respiratory diseases. Negative Binomial regression.

1 INTRODUÇÃO

Tanto fenômenos naturais, como também os de origem antropogênica tem modificado constantemente o cenário do planeta. Ações resultantes do desenvolvimento econômico da sociedade passaram a repercutir em diversos problemas ambientais, sendo a poluição do ar um exemplo destes.

Os centros urbanos desempenham um papel fundamental nas mudanças ocorridas no meio ambiente, não agindo apenas como fontes de emissões de poluição, mas também como epicentros de riscos à saúde (LANKAO; QIN; CORDOVA, 2013).

Atualmente, na América Latina, a população que reside no meio urbano chega a 82% e, no Brasil, a 84%. Pessoas que vivem em meio a alta densidade populacional estão sujeitas a maiores riscos de saúde do que populações que vivem no campo, pois o estilo de vida de moradores de grandes centros urbanos passou a influenciar no meio ambiente e, conseqüentemente, na qualidade de vida dos seres humanos (FAJERSZTAJN; VERAS; SALDIVA, 2016).

Ao longo dos anos, muitos avanços surgiram na melhoria de processos industriais com o objetivo de reduzir impactos no meio ambiente mas, mesmo assim, a indústria ainda é uma das principais contribuintes na emissão de gases tóxicos que afetam o ar. Na maioria das vezes, se analisa apenas o desenvolvimento econômico e social que as indústrias propiciam, não sendo incluídos os custos de curto e longo prazo que são associados com incrementos de doenças e mortes da população (TAYRA; RIBEIRO; NARDOCCI, 2012).

Inúmeros são os problemas de saúde que a poluição do ar é capaz de gerar. Exemplos como hospitalizações, perdas de dias na escola e trabalho, aumento do uso de medicamentos devido a surgimento de doenças são algumas das evidências do impacto da poluição na saúde (LIPSMAN; FRANK, 2011).

Negrisoni e Nascimento (2013) destacam que os mecanismos pelos quais a contaminação do ar afeta a saúde das pessoas não são totalmente conhecidos, ressaltando assim, a importância de estudos epidemiológicos nesta área.

O início das investigações do efeito da poluição atmosférica na saúde datam da metade do século passado (GOUVEIA et al., 2006). Atualmente, o número de pesquisas epidemiológicas no mundo, abordando este assunto, tem se mostrado relevante, entre eles, estudos publicados na Europa (PASCAL et al., 2013; MCLAREN; WILLIAMS, 2015), Ásia (KAN; CHEN; TONG, 2012; MENG et al., 2012; LI et al., 2015;), América Latina (LANKAO;

QIN; CORDOVA, 2013), Brasil (BARBOSA et al., 2015; FREITAS et al., 2016) e outros locais, os quais mostraram resultados que sugerem efeitos negativos da poluição do ar na saúde.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) (2016) estima que a poluição e os riscos ambientais matam cerca de 12,6 milhões de pessoas por ano, o que equivale a aproximadamente um quarto do total de mortes atualmente registradas em todo o mundo. As doenças não transmissíveis e associadas ao meio ambiente, como por exemplo, derrames e problemas respiratórios e cardiovasculares, são as principais causas de mortes da população, sendo de aproximadamente 8,2 milhões de pessoas, atingindo em maior número crianças menores de cinco anos e adultos maiores de 50 anos.

Freitas et al. (2004) salientam que, pelo fato dos poluentes chegarem até os indivíduos pela respiração, os principais efeitos podem aparecer primeiramente no sistema respiratório. Estes efeitos tem impactos significativos também no número de internações. No Rio Grande do Sul, por exemplo, 13,63% das internações se devem a causas respiratórias (DATASUS, 2008).

No Brasil, os estudos que verificaram a associação da poluição do ar com problemas na saúde se concentram no estado de São Paulo, sendo poucas as pesquisas desenvolvidas em outras regiões do país. Neste contexto, este estudo tem como objetivo analisar a associação de poluentes com internações por doenças do trato respiratório em crianças/adolescentes e idosos no município de Canoas/RS.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se caracteriza como um estudo ecológico de séries temporais. No caso deste trabalho, o local de pesquisa foi o município de Canoas/RS localizado na mesorregião Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) e na microrregião Porto Alegre. O clima é subtropical e temperado. Segundo o IBGE, a cidade possui uma população estimada em 2015 de 341 343 habitantes, sendo esta a quarta maior população do estado do Rio Grande do Sul e o município que possui o segundo maior PIB, tendo como principal atividade econômica o setor industrial (68,4%).

Foram considerados neste estudo, como variáveis dependentes, o número de internações em menores de 14 anos e, também, em maiores de 60 anos. Como variáveis preditoras para os respectivos modelos, foram considerados os poluentes (MP_{10} , O_3 , CO e SO_2) assim como a temperatura mínima e a umidade relativa média do ar, utilizadas como variáveis de controle.

Os dados referentes às internações por doenças respiratórias foram obtidos no Sistema de Internações Hospitalares (SIH) do DATASUS, o qual disponibiliza informações

relacionadas às atividades do Sistema Único de Saúde (SUS). Os dados foram agrupados por dia sendo considerados todos os tipos de doenças respiratórias (CID10:J00-J99) ocorridas no ano de 2014 em Canoas. Para este trabalho foram selecionadas as informações sobre a data e o local de internação, o diagnóstico, a idade e o sexo do paciente. Optou-se por estudar as hospitalizações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes (<14 anos) e idosos (>60 anos) pois, conforme se observou na literatura (SILVA et al., 2013), estas faixas etárias são as mais afetadas pelo efeito dos poluentes.

Os níveis diários de poluição do ar foram obtidos junto à Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler/RS (FEPAM), órgão responsável pelo monitoramento da qualidade do ar no Rio Grande do Sul. Foi utilizada a série histórica do ano de 2014 das medições realizadas na estação de monitoramento da rede automática de Canoas. A coleta de dados se refere a um período de 24 horas iniciando na primeira hora do dia, medidos em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dos poluentes: material particulado (PM_{10}), ozônio (O_3), dióxido de enxofre (SO_2) e monóxido de carbono (CO). Foram consideradas as médias diárias para todos os poluentes. No período analisado, houve um total de 52 dados faltantes (14,24%), correspondendo a 29 medidas diárias de PM_{10} (7,92%); 9 de O_3 (2,46%); 9 de CO (2,46%) e 5 de SO_2 (1,37%).

Também foram utilizados, como variáveis de controle, os registros diários da umidade relativa média (%) e da temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes ao município de Porto Alegre, localizado a 16,7 Km de Canoas, devido ao fato de não existirem dados disponíveis dessas variáveis em Canoas.

Inicialmente, foi realizada uma análise na qual se apresentou as principais medidas descritivas para caracterizar as variáveis de interesse. Posteriormente foi realizada uma regressão Binomial Negativa, considerando que os dados não seguem uma distribuição normal e apresentaram sobredispersão, não possibilitando o uso da regressão de Poisson.

O método estatístico frequentemente encontrado na literatura (CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013; NEGRISOLI; NASCIMENTO, 2013; LIMA et al., 2014; GASS et al., 2015), para avaliar a associação da poluição atmosférica com problemas na saúde, é o Modelo Aditivo Generalizado (MAG) de regressão de Poisson, o qual é recomendado quando se tem como variável dependente dados de contagem (número de internações por doenças respiratórias), e se deseja estudar a sua relação com outras variáveis independentes (poluentes atmosféricos e demais variáveis meteorológicas).

Uma das principais razões pela qual o modelo de Poisson pode não ser adequado para determinado conjunto de dados é a heterogeneidade não observada, indicando que existem fatores não observados, em especial, características dos indivíduos que exercem certo tipo de

influência sobre a variabilidade em relação a variável resposta (RODRÍGUEZ; ESPINOZA; RUBÍ, 2009).

Uma característica da regressão de Poisson é a equidispersão, ou seja, a igualdade entre a média e a variância da variável dependente. Dados de contagem que não atendem a este pressuposto podem ser modelados utilizando-se a distribuição Binomial Negativa (RODRIGUES, 2012). No caso desta pesquisa, os dados apresentaram sobredispersão, isto é, a variância foi maior do que a média, indicando a melhor adequação ao modelo de regressão Binomial Negativa.

Para verificar a associação do número de internações com os poluentes, foi calculado o risco relativo (RR) em cada defasagem, pois os efeitos da poluição atmosférica na saúde podem surgir no mesmo dia (Lag 0) ou em dias seguintes (Lag 1, Lag 2, Lag3,...,Lag7), conforme (AMÂNCIO; NASCIMENTO, 2012; BARBOSA et al., 2015).

Souza et al. (2014) destaca que o RR é uma medida muito utilizada em estudos epidemiológicos que avaliam o impacto da poluição na saúde, podendo ser definido como a probabilidade de um evento ocorrer devido a determinada exposição a um fator considerado de risco. O risco relativo é significativo quando o intervalo de confiança, considerando o valor α estabelecido para a significância, não inclui a unidade (RR=1).

Para fins de comparação com resultados de outros autores, foi estimado o risco relativo percentual (RR%) para o aumento da diferença interquartilica de cada poluente (ROMÃO et al., 2013; JASINSKI; PEREIRA; BRAGA, 2011), enquanto que para o MP₁₀ foi considerado um incremento de 10 µg/m³ para o cálculo do risco (NASCIMENTO; FRANCISCO 2013; PINHEIRO et al., 2014). O cálculo do risco relativo percentual é dado, segundo Amâncio e Nascimento (2014) por:

$$IP = [e^{\beta \cdot DIQ} - 1] * 100$$

Em que IP é a percentagem de aumento no risco de internação devido a determinado aumento na emissão do poluente; β é o coeficiente da regressão e DIQ se refere à diferença entre o primeiro e o terceiro quartil da concentração de poluentes.

Foi considerada significância estatística de 5% e o software utilizado para as análises foi o PASW 18.

3 RESULTADOS

No ano de 2014 ocorreram um total de 3080 internações por doenças respiratórias em Canoas, atingindo em maior número as crianças/adolescentes (33,83%) e os idosos (38,64%).

Na Tabela 1 pode-se observar que a média diária de internações foi de 2,85 (0 a 11) em crianças e adolescentes e 3,26 (0 a 12) em idosos. Neste mesmo período, a principal causa de mortalidade no município foram as doenças respiratórias (25,53%), o que corresponde a 388 óbitos (214 homens e 174 mulheres) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2014).

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das internações, dos poluentes e das variáveis meteorológicas em Canoas/RS no ano de 2014

	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo	DIQ
IR <14	2,85	2,4	0	11	
IR >60	3,26	2,1	0	12	
PM ₁₀ (µg/m ³)	31,43	17,62	4,34	133,37	20,22
O ₃ (µg/m ³)	25,71	10,48	2,34	55,86	14,02
CO (µg/m ³)	0,06	0,06	0,03	0,42	0,047
SO ₂ (µg/m ³)	1,29	1,46	0,65	13,23	0,556
T (C°)	16,65	4,8	3,1	27,1	
UR (%)	78,13	9,87	45,25	97,5	

IR: Número de internações por doenças respiratórias; PM₁₀: Material particulado; O₃: Ozônio; CO: Monóxido de carbono; SO₂: Dióxido de enxofre; T: Temperatura mínima; UR: Umidade relativa média do ar; DIQ: diferença interquartilica

Na Tabela 2 é apresentada a matriz de correlação, na qual se pode observar que o número de internações de crianças e adolescentes apresentou correlação positiva e significativa com o PM₁₀, o CO, a umidade relativa média e, negativa e significativa, com o O₃ e a temperatura mínima.

O número de internações em idosos apresentou correlação positiva e significativa com o CO e a umidade relativa média e, negativa e significativa, com a temperatura mínima.

Tabela 2 – Matriz de correlação entre o número de internações de crianças/adolescentes e idosos, poluentes e variáveis meteorológicas

	MP ₁₀	O ₃	CO	SO ₂	IR <14	IR >60	T (C°)	UR (%)
MP ₁₀ (µg/m ³)	1,000	-0,013	0,174*	-0,004	0,105*	-0,024	-0,020	-0,271*
O ₃ (µg/m ³)		1,000	-0,334*	-0,012	-0,156*	-0,027	0,419*	-0,420*
CO (µg/m ³)			1,000	0,103	0,243*	0,182*	-0,380*	0,112*
SO ₂ (µg/m ³)				1,000	0,090	0,012	-0,112*	0,049
IR<14					1,000	0,247*	-0,367*	0,210*
IR>60						1,000	-0,146*	0,105*
T (C°)							1,000	-0,161*
UR (%)								1,000

*p-valor < 0,05

Na Figura 1 é possível observar a série das médias e máximas diárias dos poluentes analisados. Pode-se verificar que o MP₁₀ apresentou maiores picos nos meses de maio e dezembro; o O₃ em janeiro, fevereiro, agosto e novembro; o CO em janeiro e julho, e o SO₂ no mês de agosto.

Quanto aos limites de qualidade do ar aceitáveis, estabelecidos pela resolução n°003 de 28/06/1990 do CONAMA, pode-se verificar que o PM₁₀ ultrapassou os limites (150 µg/m³) em dois dias em maio e outros dois em dezembro. O SO₂ ultrapassou os níveis (365 µg/m³) aceitáveis por dois dias em setembro e o O₃ (160 µg/m³) por um dia no mês de agosto, enquanto o CO esteve dentro dos padrões (9,0 µg/m³) durante todo o ano.

A série do número de internações em menores de 14 anos e maiores de 60 anos pode ser observada na Figura 2. Os maiores números de internações em crianças e adolescentes foram entre os meses de junho e novembro. A série do número de internações em idosos se mostrou mais estável, sendo os maiores picos nos meses de junho e agosto.

Figura 1 – Série das médias diárias e máximas diárias dos poluentes, no período de 2014, em Canoas/RS

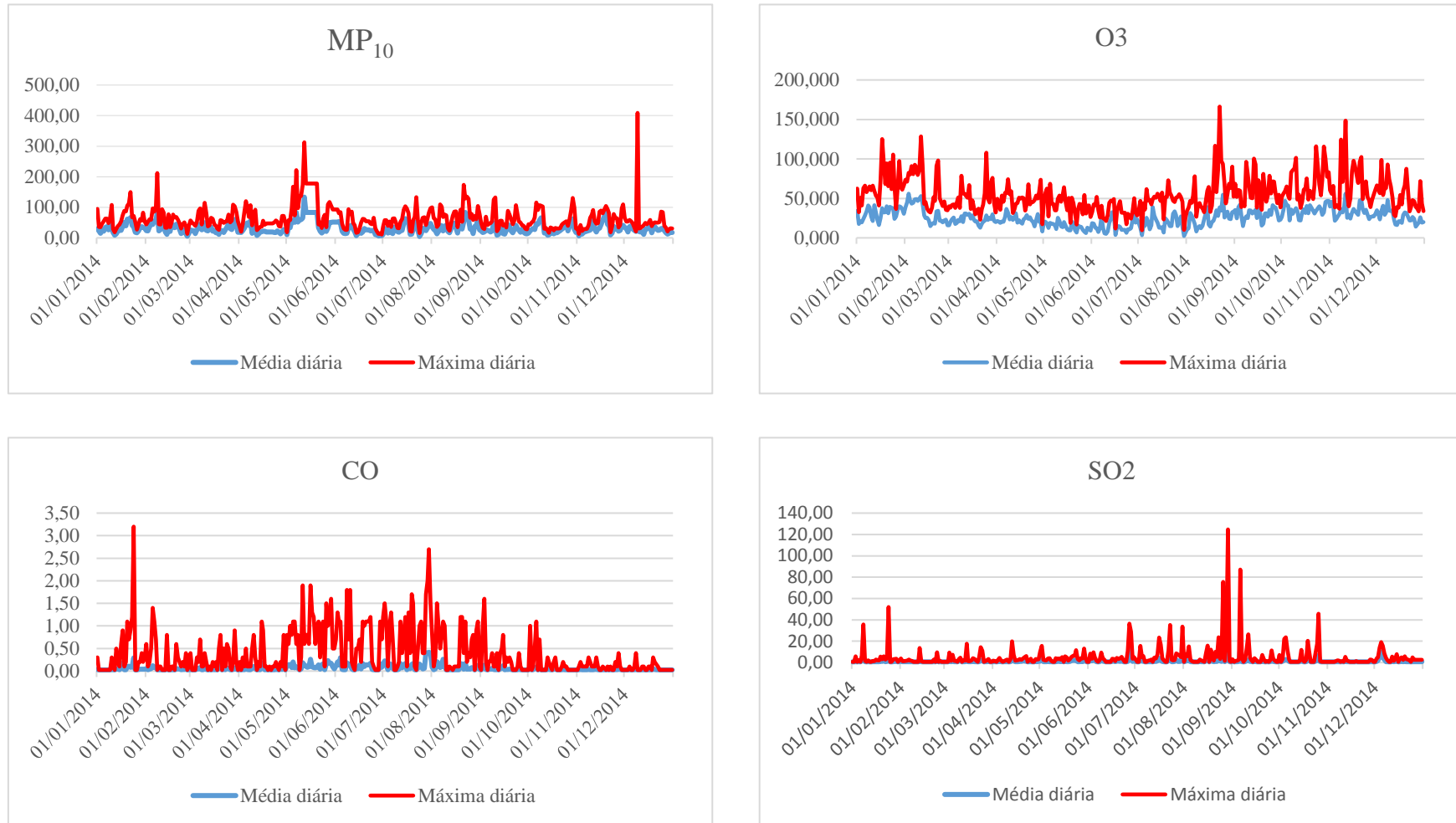
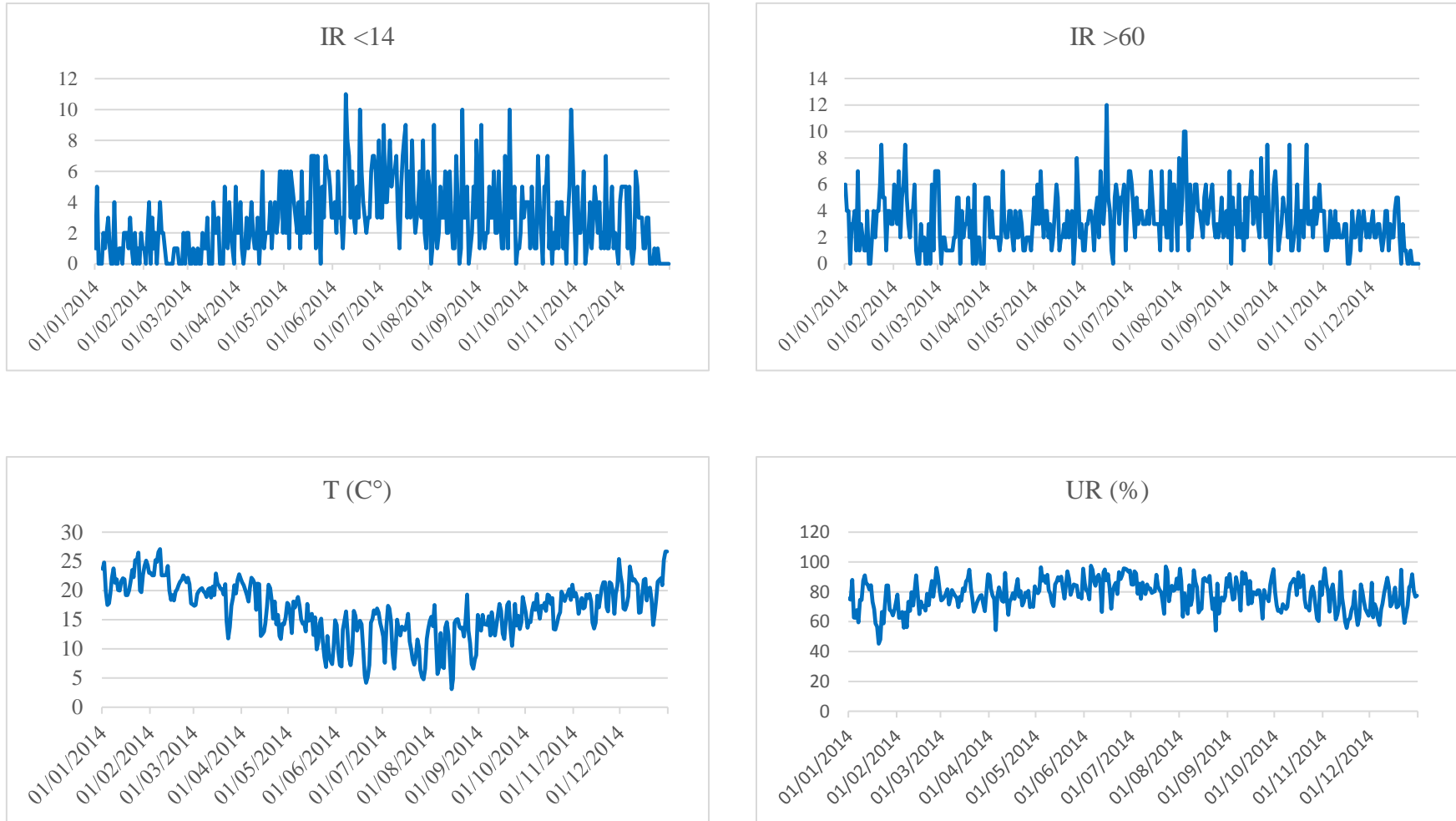


Figura 2 – Série do número de internações em <14 anos e >60 anos, da temperatura mínima e da umidade relativa média do ar, no período de 2014, em Canoas/RS



Na Tabela 3 é possível observar os resultados da regressão Binomial Negativa para o número de internações em crianças e adolescentes, controlados para temperatura e umidade relativa, nos quais o MP_{10} se mostrou associado, considerando-se o mesmo dia (Lag 0), com $RR=1,007$ (p -valor= $0,004$); com um dia de defasagem (Lag 1), apresentando $RR=1,005$ (p -valor= $0,036$) e, com três dias (Lag 3), com $RR=1,015$ (p -valor= $0,046$).

Observou-se, também, associação significativa do O_3 no mesmo dia (Lag 0) com $RR=1,012$ (p -valor= $0,014$). O CO não esteve associado com as internações em nenhuma estrutura de defasagem. Entretanto, observou-se associação do SO_2 no quinto dia de defasagem (Lag 5), apresentando $RR=1,319$ (p -valor= $0,015$).

Tabela 3 – Resultados do ajuste da regressão Binomial Negativa para o número de internações por doenças respiratórias para <14 anos

		Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7
MP_{10}	Coeficiente	0,007	0,005	0,003	0,015	0,001	0,010	0,004	0,002
	RR	1,007	1,005	1,003	1,015	1,001	1,010	1,004	1,002
	p-valor	0,004*	0,036*	0,215	0,046*	0,317	0,135	0,079	0,451
O_3	Coeficiente	0,012	0,007	-2,63E-05	0,015	0,004	0,021	0,002	0,003
	RR	1,012	1,007	1,000	1,015	1,004	1,022	1,002	1,003
	p-valor	0,014*	0,190	0,996	0,276	0,098	0,09	0,713	0,532
CO	Coeficiente	1,032	0,327	0,386	1,040	0,242	1,989	0,316	0,718
	RR	2,806	1,387	1,472	2,828	1,274	7,308	1,372	2,050
	p-valor	0,138	0,660	0,602	0,689	0,482	0,431	0,659	0,315
SO_2	Coeficiente	0,020	-0,002	0,002	0,018	0,014	0,277	0,049	-0,019
	RR	1,020	0,998	1,002	1,018	1,014	1,319	1,050	0,981
	p-valor	0,451	0,946	0,943	0,827	0,284	0,015*	0,063	0,510

* p -valor < 0,05

Os resultados do ajuste da regressão Binomial Negativa para o número de internações em idosos são apresentados na Tabela 4, onde se pode perceber que o CO esteve associado ao número de internações no mesmo dia (Lag 0), com $RR=4,543$ (p -valor= $0,005$); com quatro dias de defasagem (Lag 4), apresentando $RR=5,806$ (p -valor= $0,001$) e no sexto (Lag 6) e sétimo dia (Lag 7) com $RR=3,506$ (p -valor= $0,019$) e $RR=3,601$ (p -valor= $0,017$), respectivamente.

O O_3 esteve associado apenas no terceiro dia (Lag 3), com $RR=1,010$ (p -valor= $0,013$), sendo que o PM_{10} e o SO_2 não se mostraram associados ao número de internações em idosos em nenhuma estrutura de defasagem.

Tabela 4 – Resultados do ajuste da regressão Binomial Negativa para o número de internações por doenças respiratórias para > 60 anos

		Lag 0	Lag 1	Lag 2	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7
MP ₁₀	Coefficiente	-0,001	0,000	0,000	0,001	-0,001	-0,001	0,000	-0,001
	RR	0,999	1,000	1,000	1,001	0,999	0,999	1,000	0,999
	p-valor	0,796	0,972	0,899	0,612	0,697	0,477	0,812	0,528
O ₃	Coefficiente	0,008	0,012	0,003	0,010	0,007	0,005	0,004	0,001
	RR	1,008	1,012	1,003	1,010	1,007	1,005	1,004	1,001
	p-valor	0,040	0,103	0,996	0,013*	0,078	0,218	0,260	0,744
CO	Coefficiente	1,514	1,783	0,318	0,786	1,759	0,843	1,255	1,281
	RR	4,543	5,950	1,375	2,194	5,806	2,322	3,506	3,601
	p-valor	0,005*	0,101	0,602	0,177	0,001*	0,129	0,019*	0,017*
SO ₂	Coefficiente	-0,009	0,016	0,005	0,013	0,026	0,022	0,007	-0,006
	RR	0,991	1,016	1,005	1,013	1,027	1,023	1,007	0,994
	p-valor	0,691	0,724	0,562	0,212	0,212	0,307	0,760	0,782

* p-valor < 0,05

As variáveis cujo os coeficientes não se mostraram significativos foram removidas dos modelos em cada estrutura de defasagem. Na Tabela 5 são apresentados os novos modelos com os respectivos coeficientes, risco relativo, risco relativo percentual para o incremento da diferença interquartílica de cada poluente e o p-valor.

Em relação ao número de internações em menores de 14 anos, pode-se verificar, no Lag 0, um RR%=7,25 para um incremento de 10 µg/m³ de PM₁₀; RR%=5,13, no Lag 1, e de RR%=4,08, no Lag 3.

Quanto ao O₃, este esteve associado a um RR%=15,05, para um aumento de 14,02 µg/m³ do poluente, no Lag 1, enquanto que o SO₂ apresentou um RR%=18,02 para um incremento de 0,556 µg/m³ nos níveis de poluição, no Lag 5.

Tabela 5 – Ajustes dos novos modelos da regressão Binomial Negativa com os coeficientes significativos para cada estrutura de defasagem

		Lag 0	Lag 1	Lag 3	Lag 4	Lag 5	Lag 6	Lag 7	
< 14 anos	MP ₁₀	Coeficiente	0,007	0,005	0,004	-	-	-	-
		RR	1,007	1,005	1,014	-	-	-	-
		RR % *	7,25	5,13	4,08	-	-	-	-
		p-valor	0,002	0,045	0,021	-	-	-	-
	O ₃	Coeficiente	0,01	-	-	-	-	-	-
		RR	1,011	-	-	-	-	-	-
		RR % **	15,05	-	-	-	-	-	-
		p-valor	0,026	-	-	-	-	-	-
	SO ₂	Coeficiente	-	-	-	-	0,298	-	-
		RR	-	-	-	-	1,347	-	-
		RR % ***	-	-	-	-	18,02	-	-
		p-valor	-	-	-	-	0,01	-	-
> 60 anos	CO	Coeficiente	1,514	-	-	1,759	-	1,255	1,281
		RR	4,543	-	-	5,806	-	3,506	3,601
		RR % ****	7,37	-	-	8,62	-	6,07	6,2
		p-valor	0,005	-	-	0,001	-	0,019	0,017
	O ₃	Coeficiente	-	-	0,008	-	-	-	-
		RR	-	-	1,008	-	-	-	-
		RR % **	-	-	11,87	-	-	-	-
		p-valor	-	-	0,029	-	-	-	-

* Risco relativo percentual para o incremento de 10 µg/m³ de MP₁₀

** Risco relativo percentual para o incremento de 14,02 µg/m³ de O₃

*** Risco relativo percentual para o incremento de 0,556 µg/m³ de SO₂

**** Risco relativo percentual para o incremento de 0,047 µg/m³ de CO

O número de internações em maiores de 60 anos esteve associado ao CO com RR%=7,37, no Lag 0; RR%=8,62, no Lag 4; RR%=6,07, no Lag 6 e RR%=6,02, no Lag 7, enquanto que o O₃ esteve associado apenas no Lag 3 com RR%=11,87.

4 DISCUSSÃO

Em Canoas, no ano de 2014, o MP₁₀ se mostrou associado a internações por doenças respiratórias em menores de 14 anos, tanto no mesmo dia (Lag 0), no dia seguinte (Lag 1) e em até três dias após a exposição (Lag 3), sendo que o maior risco relativo encontrado, para este poluente, foi no terceiro dia (RR=1,014).

O O₃ também se mostrou associado ao número de internações em crianças e adolescentes, sendo esta associação significativa apenas para o mesmo dia (Lag 0) de exposição (RR=1,011). Pode-se destacar os resultados encontrados para o SO₂, pois este apresentou maior

risco relativo entre os poluentes analisados e o maior risco relativo percentual, sendo que o acréscimo da diferença interquartílica do SO_2 , pode representar um aumento de 18,02% no número de internações por doenças respiratórias no município.

Resultados similares foram encontrados na pesquisa de Amâncio e Nascimento (2012) realizada em São José dos Campos/SP, em que o PM_{10} esteve associado ao número de internações por asma em menores de 10 anos no mesmo dia, no segundo e em até três dias após a exposição ao poluente com risco relativo variando de 1,02 a 1,07. Mesmo Canoas sendo um município com menor população comparado a São José dos Campos, este apresentou maiores médias diárias dos níveis dos poluentes, exceto para o O_3 . Quanto ao incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de MP_{10} no Lag 0, os autores encontraram $\text{RR}\%=4,6$, enquanto neste estudo foi encontrado valor superior de $\text{RR}\%=7,25$.

Cesar, Nascimento e Carvalho (2013) analisaram a associação do $\text{MP}_{2,5}$ com internações por doenças respiratórias em menores de 10 anos em Piracicaba/SP e também encontraram valores de riscos relativos próximos aos desta pesquisa, sendo de $\text{RR}=1,008$ para o primeiro dia de defasagem e $\text{RR}=1,009$ para o terceiro dia de defasagem. O incremento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $\text{MP}_{2,5}$ sugere um aumento de 7,9 (Lag1) e 8,6 (Lag 3) pontos percentuais no número de internações, valores superiores ao encontrados neste estudo. Cabe ressaltar que o material particulado analisado pelos autores era de 2,5 micra de diâmetro, enquanto nesta pesquisa foi de 10 micra de diâmetro.

Em estudo realizado por Freitas et al. (2004), no município de São Paulo, foi encontrada associação entre o aumento de admissões por doenças respiratórias em menores de 15 anos, no Lag 0, com PM_{10} ($\text{RR}=1,001$) e o CO (1,010), valores inferiores aos encontrados nesta pesquisa.

Jasinski, Pereira e Braga (2011), em Cubatão/SP, verificaram que o PM_{10} e o O_3 também se mostraram significativamente associados com doenças respiratórias em crianças e adolescentes. Entretanto, Negrisoli e Nascimento (2013) encontraram resultados diferentes, pois apenas o NO_2 esteve associado com doenças respiratórias em menores de 10 anos com $\text{RR}=1,016$ e o PM_{10} com defasagem de quatro dias e $\text{RR}=1,009$.

Quanto ao número de internações em idosos foi observado, neste estudo, que mesmo o CO não ultrapassando em nenhum dia os limites da qualidade do ar, este apresentou riscos relativos significativos para o mesmo dia de exposição ao poluente (Lag 0), no quarto dia (Lag 4), no sexto (Lag 6) e sétimo (Lag 7) dia. Isto significa que os efeitos deste poluente estão associados a problemas respiratórias que podem surgir tanto no mesmo dia, como em até 7 dias após a exposição. O maior risco relativo para o CO foi no Lag 4 ($\text{RR}=5,806$) indicando que o

risco de um idoso internar quatro dias após a exposição ao poluente é 5,806 comparado a um idoso que não sofreu tal exposição.

O O₃ também se mostrou associado ao número de internações em maiores de 60 anos, chamando atenção para o fato de que o incremento da diferença interquartilica do poluente (14,06 µg/m³) representa um aumento de 11,87% no número de internações, sendo este o maior risco relativo percentual encontrado entre os poluentes com resultados de associação significativa.

Na pesquisa de Martins et al. (2001) foram demonstrados resultados semelhantes no município de São Paulo/SP, em que o CO e o SO₂ também estiveram associados a problemas respiratórios em idosos, com risco relativo inferior para o CO (RR=1,013), comparado a este estudo. Vale ressaltar, que os autores analisaram apenas os atendimentos por vias áreas superiores (VIAS).

Gouveia et al. (2006) encontraram resultados significativos em São Paulo/SP da associação dos poluentes: MP₁₀, CO, O₃, SO₂ e NO₂ com asma, pneumonia e com o total de doenças respiratórias em crianças menores de 5 anos. Os riscos relativos foram significativos, também, entre os poluentes citados e, com pneumonia e o total de internações por doenças respiratórias em idosos.

Foram analisados neste estudo apenas dados do SUS, não levando em consideração outros tipos de internações como, por exemplo, de setores privados não conveniados. Assim, os resultados encontrados apenas devem ser generalizados para populações que apresentam características semelhantes aos dos pacientes internados pelo SUS e para regiões que possuem condições de poluição semelhantes à de Canoas.

Jasinski, Pereira e Braga (2011) destacam que questões relacionadas aos tipos de poluentes que tem associação mais robusta com os efeitos na saúde ainda não estão totalmente esclarecidas, pois tentar isolar os efeitos individuais dos poluentes é considerada uma tarefa difícil, sendo um dos motivos, a presença de correlação positiva entre os poluentes.

Apesar da poluição atingir, principalmente, o sistema respiratório, diversos estudos encontraram associação dos poluentes com outros problemas de saúde como, por exemplo, acidente vascular encefálico (SAMOLI et al., 2014), câncer (YAGANI; ASSUNÇÃO; BARROZO, 2012), hipertensão arterial (NASCIMENTO; FRANCISCO et al., 2013), peso ao nascer (ROMÃO et al., 2013) e anemia falciforme (BARBOSA et al., 2015) ressaltando a importância de pesquisas e investigações também quanto a outros tipos de doenças.

Os efeitos da poluição em Canoas se mostraram significativos em relação ao número de internações por doenças respiratórias, tanto em crianças e adolescentes como em idosos, o que

implica em fortes indícios de problemas na saúde respiratória causados pela má qualidade do ar.

Com base nesta pesquisa, verifica-se a importância de ações governamentais a serem criadas e/ou melhoradas a fim de equilibrar o sistema capitalista atual com o bem-estar do planeta. A OMS (2016) destaca que o cuidado com a natureza poderia evitar cerca de 1,7 milhões de mortes de crianças e 4,9 milhões de mortes de adultos. Além de questões relacionadas a saúde da população, pode se destacar o fator econômico decorrente de problemas oriundos da poluição ambiental. Em estudo de Davidson et al. (2007) foi demonstrado que o controle de emissões de PM_{2,5} podem resultar em, aproximadamente, \$100 bilhões em benefícios por ano, reduzindo gastos públicos e privados.

Por fim, percebe-se que ações concretas de melhorias na emissão da poluição gerada pelos transportes e indústrias se fazem necessárias para que possa haver uma redução nos problemas de saúde em geral.

5 CONCLUSÃO

Por meio da regressão Binomial Negativa pode-se verificar a associação do MP₁₀, do O₃ e do SO₂ com o número de internações em crianças e adolescentes e do CO e do O₃ com o número de internações em idosos no período de 2014. Tais resultados confirmam fortes indícios de que a poluição do ar é fator de risco para o surgimento e agravamento de problemas respiratórios em Canoas, ressaltando assim a necessidade de ações e alternativas para a redução da contaminação do ar atmosférico.

REFERÊNCIAS

AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L.F.C. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 58, n. 3, p. 302-307, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v58n3/v58n3a09.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2015.

AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L.F.C. Environmental pollution and deaths due to stroke in a city with low levels of air pollution: ecological time series study. **São Paulo Medical Journal**, v. 132, n. 6, p. 353-358, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spmj/v132n6/1516-3180-spmj-1516-3180-2014-1326733.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

BARBOSA, S. M. M. et al. Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 265-275, 2015. Disponível

em:<<http://www.scielo.org/pdf/csp/v31n2/0102-311X-csp-31-02-00265.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

CESAR, A. C. G.; NASCIMENTO, L.F.C.; CARVALHO, J. A. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 6, p. 1209-1212, 2013. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v47n6/0034-8910-rsp-47-06-01209.pdf>>. Acesso m: 15 jul. 2015.

CONAMA. **Resolução N° 003 de 28 de junho de 1990**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

DAVIDSON, K. et al. Analysis of PM_{2.5} using the Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP). **Journal Toxicology Environmental Health**, v. 70, n. 3-4, p. 332-346, 2007. Disponível em<<http://irr.uwaterloo.ca/CQ3Rome/Proceedings/Davidson.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

DATASUS. **Doenças respiratórias**. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/cid10/V2008/WebHelp/j00_j99.htm>. Acesso em: 06 de ago. 2015.

DATASUS. **Sistema De Informações Hospitalares**. 2008. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0901&item=1&acao=25>>. Acesso em: 01 mar. 2016.

FAJERSZTAJN, L.; VERAS, M.; SALDIVA, P. H. N. Como as cidades podem favorecer ou dificultar a promoção da saúde de seus moradores?. **Revista Estudos Avançados** (USP), São Paulo, v. 30, n. 86, p. 7-27, 2016. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ea/v30n86/0103-4014-ea-30-86-00007.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2015.

FREITAS, C. et al. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista Saúde Pública**, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v38n6/01.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

FREITAS, C. U. et al. Poluição do ar e impactos na saúde em Vitória, Espírito Santo. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 50, 2016. Disponível em:<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v50/pt_0034-8910-rsp-S1518-87872016050005909.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2016.

GASS, K. et al. Associations between ambient air pollutant mixtures and pediatric asthma emergency department visits in three cities: a classification and regression tree approach. **Environmental Health**, v. 14, n. 1, p. 1, 2015. Disponível em:<<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-015-0044-5>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

GOUVEIA, N. et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, 2006. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n12/15.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações Canoas**. 2014. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n.11, p.2242-2252. 2011. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/csp/v27n11/17.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

KAN, H.; CHEN, R.; TONG, S. Ambient air pollution, climate change, and population health in China. **Environment international**, v. 42, p. 10-19, 2012. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412011000535>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

LANKAO, P. R.; QIN, H.; CORDOVA, M. B. Exploration of health risks related to air pollution and temperature in three Latin American cities. **Social Science & Medicine**, v. 83, p. 110-118, 2013. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953613000300>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

LI, et al. Can the Air Pollution Index be used to communicate the health risks of air pollution? **Environmental Pollution**, v. 205, p. 153-160, 2015. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749115002729>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

LIMA, T. A. C. et al. Association between maternal exposure to particulate matter and premature birth. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 2014. Disponível:< http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1262/pdf_967>. Acesso em: 22 abr. 2015.

LIPSMAN, J.; FRANK, A. L. Attack on protections against air pollution. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 41, n. 6, p. 645-647, 2011. Disponível em:< [http://www.ajpmonline.org/article/S0749-3797\(11\)00594-0/pdf](http://www.ajpmonline.org/article/S0749-3797(11)00594-0/pdf)>. Acesso em: 3 ago. 2015.

MARTINS, L. C. et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, n. 3, p. 220-9, 2001. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v4n3/08.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

MCLAREN, J.; WILLIAMS, I. D. The impact of communicating information about air pollution events on public health. **Science of The Total Environment**, v. 538, p. 478-491, 2015. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715304903>>. Acesso em: 05 mai. 2016.

MENG, X. et al. Temperature modifies the acute effect of particulate air pollution on mortality in eight Chinese cities. **Science of the Total Environment** v. 435, p. 215-221, 2012. Disponível em:<

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969712009527>>. Acesso em: 06 ago. 2015.

NASCIMENTO, L. F. C.; FRANCISCO, J. B. Material particulado e internação hospitalar por hipertensão arterial em uma cidade brasileira de porte médio. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.29, n.8, p.1565-1571. 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/csp/v29n8/v29n8a09.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2015.

NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, L. F. C. Poluentes atmosféricos e internações por pneumonia em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 31, n. 4, 2013. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rpp/v31n4/pt_0103-0582-rpp-31-04-00501.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2015.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Poluição e riscos ambientais matam 12,6 milhões de pessoas por ano, aponta pesquisa da OMS**. 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/poluicao-e-riscos-ambientais-matam-126-milhoes-de-pessoas-por-ano-aponta-pesquisa-da-oms/>>. Acesso em 01 ago. 2016.

PASCAL, M. et al. Assessing the public health impacts of urban air pollution in 25 European cities: results of the Apekom project. **Science of the Total Environment**, v. 449, p. 390-400, 2013. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713001320>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

PINHEIRO, S. L. L. A. et al. Efeitos isolados e sinérgicos do MP10 e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v.48, n.6, p.881-888. 2014. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rsp/v48n6/pt_0034-8910-rsp-48-6-0881.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2015.

RODRÍGUEZ, A. S.; ESPINOZA, B. M.; RUBÍ, S. G. S. Análisis estadístico para datos de conteo: aplicaciones para el uso de los servicios de salud. **Salud Pública de México**, v. 51, n. 5, sep./oct., 2009. Disponível em:< <http://www.scielosp.org/pdf/spm/v51n5/07.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2016.

RODRIGUES, T. C. V. **Regressão Binomial Negativa Geograficamente Ponderada: Modelando Superdispersão Espacial**. 2012. 120 p. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

ROMÃO, R. et al. Relação entre baixo peso ao nascer e exposição ao material particulado inalável. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 6, p. 1101-1108, 2013. Disponível em:< <http://www.scielosp.org/pdf/csp/v29n6/a07v29n6.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

SAMOLI, E. et al. Which specific causes of death are associated with short term exposure to fine and coarse particles in Southern Europe? Results from the MED-PARTICLES Project. **Environment International**, v. 67, p. 54-61, 2014. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412014000634>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

SILVA, A. M. C. et al. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v.47, n. 2, p.345-52. 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v47n2/0034-8910-rsp-47-02-0345.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2016.

SOUZA, J. B. et al. Componentes principais e modelagem linear generalizada na associação entre atendimento hospitalar e poluição do ar. **Revista de Saúde Pública**, v. 48, n. 3, p. 451-458, 2014. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rsp/v48n3/pt_0034-8910-rsp-48-3-0451.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2016.

TAYRA, F.; RIBEIRO, H.; NARDOCCI, A. C. Avaliação econômica dos custos da poluição em Cubatão-SP com base nos gastos com saúde relacionados às doenças dos aparelhos respiratório e circulatório. **Revista Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 21, n. 03, p. 760-775, 2012. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/sausoc/v21n3/20.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2015.

YANAGI, Y. ASSUNÇÃO, J. V. BARROZO, L. V. The impact of atmospheric particulate matter on cancer incidence and mortality in the city of São Paulo, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 9, p. 1737-1748, 2012. Disponível em:< <http://www.scielosp.org/pdf/csp/v28n9/v28n9a12.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.

7 DISCUSSÃO

No primeiro artigo foi realizada uma revisão sistemática que buscou apresentar os estudos realizados no estado de São Paulo, publicados em periódicos nacionais no período de 2010 a 2015. Foi verificado que a poluição pode estar associada a uma diversidade de doenças como, por exemplo, doenças respiratórias, cardiovasculares, baixo peso ao nascer, incidência e mortalidade por câncer, partos prematuros e anemia falciforme.

No que se refere a idade investigada, a maioria dos estudos avaliaram os efeitos da poluição do ar na saúde de crianças, idosos e de recém-nascidos, sendo em menor número as pesquisas que investigaram os efeitos da poluição entre a faixa etária de 18 e 64 anos, o que demonstra a necessidade de mais investigações, pois alguns estudos analisados no primeiro artigo, demonstraram associação da poluição com problemas na saúde entre estes indivíduos.

O poluente mais estudado foi o material particulado (PM_{10}). Outros poluentes como o monóxido de carbono (CO), o ozônio (O_3), o dióxido de enxofre (SO_2) e o dióxido de nitrogênio (NO_2) também foram incluídos nas análises relacionadas a este tema, o que demonstra a necessidade de se realizar estudos analisando o efeito de outros poluentes como, por exemplo, compostos orgânicos voláteis que podem ser potenciais causadores de risco para a saúde.

Além disso, com esta revisão, foi possível constatar que os estudos desenvolvidos não se limitaram apenas à capital de São Paulo, a qual era o maior alvo dos estudos em períodos anteriores a 2010, mas também foram realizados em cidades de médio porte do estado.

Com base na análise dos resultados do primeiro artigo, foi possível identificar que todos os estudos indicaram associação da poluição do ar com problemas na saúde, o que justifica a importância de aprofundar as pesquisas nesta temática.

A partir da compreensão teórica obtida pela análise destes resultados, foi possível formular os problemas e a necessidade de investigações que subsidiaram a proposta do segundo artigo, abordando este tema com registros de dados de uma região com número reduzido de pesquisas nesta área.

Assim, no segundo artigo foram investigadas as associações entre alguns poluentes e problemas respiratórios, controladas para variáveis meteorológicas, considerando as internações de crianças/adolescentes e idosos no município de Canoas em 2014. Foi verificado que os efeitos da poluição podem surgir tanto no mesmo dia como em dias posteriores à exposição aos poluentes, o que ressalta a importância de se investigar os efeitos da poluição em diferentes Lag.

Destaca-se que, mesmo o CO estando dentro dos limites aceitáveis de qualidade do ar, estabelecidos pelo CONAMA, este foi o poluente mais associado ao número de internações em idosos, sendo esta associação positiva em quatro diferentes defasagens.

Ressalta-se ainda, que este estudo ficou limitado pelo fato de ter sido realizado em apenas um município do Rio Grande do Sul, justificado pela falta de registros simultâneos de internações diárias e emissões de poluentes em outros períodos e locais do estado. Outro fato a destacar é que podem ter ocorrido sub ou superestimação das associações em função de falhas nos registros nos sistemas utilizados, embora estes sejam os sistemas oficiais de divulgação destes dados.

Finaliza-se, destacando que os resultados encontrados nos dois artigos são similares àqueles encontrados na literatura, tanto nos artigos de revisão teóricos quanto aplicados.

8 CONCLUSÃO

O desenvolvimento da sociedade tem provocado diversas mudanças no cenário do planeta, entre elas a qualidade do ar que se respira. Estudos que avaliam o efeito da poluição atmosférica na saúde são importantes, pois com base neles podem ser construídas propostas de melhorias da qualidade do ar.

Este estudo buscou analisar a associação da poluição do ar com problemas respiratórios em crianças/adolescentes e idosos em Canoas. Foi encontrada associação com o PM_{10} (Lag 0, Lag 1 e Lag 3), do O_3 (Lag 0) e do SO_2 (Lag 5) com internações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes, e do CO (Lag 0, Lag 4, Lag 6 e Lag 7) e do O_3 (Lag 3), com o número de internações por doenças respiratórias em idosos.

Estes resultados confirmam fortes indícios de que a poluição do ar é fator de risco importante para o surgimento e agravamento de problemas respiratórios no município de Canoas, cidade de médio porte localizada no estado do Rio Grande do Sul, alertando para a necessidade de ações efetivas para a redução da emissão de poluentes.

Como sugestões de trabalhos futuros, poderá ser estimado um modelo de regressão que explique o número de internações considerando os níveis de poluição em diferentes estruturas de defasagem. Outra sugestão seria testar o desempenho dos modelos de regressão de Poisson, regressão Binomial Negativa e os modelos de regressão de Poisson inflacionados de zero para análise da associação da poluição do ar na saúde da população.

REFERÊNCIAS

- AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L.F.C. Asma e poluentes ambientais: um estudo de séries temporais. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 58, n. 3, p. 302-307, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ramb/v58n3/v58n3a09.pdf>>. Acesso em: 4 nov. 2015.
- AMÂNCIO, C. T.; NASCIMENTO, L.F.C. Environmental pollution and deaths due to stroke in a city with low levels of air pollution: ecological time series study. **São Paulo Medical Journal**, v. 132, n. 6, p. 353-358, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spmj/v132n6/1516-3180-spmj-1516-3180-2014-1326733.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- ARBEX, M. A. et al. Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 30, n. 2, p. 158-75, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v30n2/v30n2a15.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2015.
- BAKONYI, S. M. C. et al. Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, n. 5, p. 695-700, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v38n5/21758.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- BARBOSA, S. M. M. et al. Poluição do ar e a saúde das crianças: a doença falciforme. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.31, n.2, p.265-275. 2015.
- BATALHA, O. M. (Coord.). **Introdução à engenharia de produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- BLAIR, C. R.; TAYLOR, A. R. **Bioestatística para ciências da saúde**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- BRAGA, A. L. F. et al. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, p. S570-S578, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v23s4/09.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2015.
- BRAGA, A. L. F. et al. Poluição atmosférica e saúde humana. **Revista USP**, São Paulo, n. 51, p. 58-71, 2001. Disponível em: <<http://www.periodicos.usp.br/revusp/article/viewFile/35099/37838>>. Acesso em: 7 dez. 2015.
- BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 65-74, 1999. Disponível em: <http://www.ambientesquimicos.eq.ufrj.br/Nosso_ambito_2_files/1999AqualidadedoardeinterioreseaQuimicaBrickuseAquinoNeto1140.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2016.
- CANÇADO, J. E. D. et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 32, n. Supl 1, p. S5-S11, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v32s2/a02v32s2.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2015.

CARNEIRO, P. E. A. Modelo de Mudanças Climáticas com Gastos Públicos. **Contexto Internacional**, Rio de Janeiro, v. 30, n 1, p. 49-88, jan./abr. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cint/v30n1/02.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

CARNESECA, E. C.; ACHCAR, J. A.; MARTINEZ, E. Z. Association between particulate matter air pollution and monthly inhalation and nebulization procedures in Ribeirão Preto, São Paulo State, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 8, p. 1591-1598, 2012. Disponível em: <<http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/38935/S0102-311X2012000800017.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 19 dez. 2015.

CASTRO, H. A.; GOUVEIA, N.; CEJUDO, J. A. E. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 6, n. 2. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v6n2/07.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

CESAR, A. C. G.; NASCIMENTO, L.F.C.; CARVALHO, J. A. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 6, p. 1209-1212, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v47n6/0034-8910-rsp-47-06-01209.pdf>>. Acesso m: 15 jul. 2015.

CHARNET, R. et al., **Análise de modelos de regressão linear com aplicações**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008.

COELHO, M. S. Z. S. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorotrópicas na cidade de São Paulo**. 2007. 195 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CONAMA. **Resolução 003/1990**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>>. Acesso em: 10 ag. 2016.

CORDEIRO, M. G.; DEMÉTRIO, B. G. C. **Modelos Lineares Generalizados**. 2007. Disponível em: <<http://www.lce.esalq.usp.br/clarice/livroSeagro.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

CORDEIRO, M. G.; PAULA, A. G. **Modelos de regressão para análise de dados univariados**. 1989. Disponível em: <http://www.impa.br/opencms/pt/biblioteca/cbm/17CBM/17_CBM_89_04.pdf>. Acesso em 12 jun. 2015.

DAI, L. et al. Associations of Fine Particulate Matter Species with Mortality in the United States: A Multicity Time-Series Analysis. **Environmental Health Perspectives**, v. 122, n. 8, p. 837, 2014. Disponível em: <<http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/122/8/ehp.1307568.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

DATASUS. **Doenças respiratórias**. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br/cid10/V2008/WebHelp/j00_j99.htm>. Acesso em: 06 de ago. 2015.

ESPOSITO, S. et al. Impact of air pollution on respiratory diseases in children with recurrent wheezing or asthma. **BMC Pulmonary Medicine**, v. 14, n. 1, p. 1, 2014. Disponível em: <<http://bmcpulmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2466-14-130>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.

FREITAS, C. et al. Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993 a 1997. **Revista Saúde Pública**, v. 38, n. 6, p. 751-757, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v38n6/01.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2015.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA. **Inpp-I Participação por municípios 2009**. 2009. Disponível em: <<http://cdn.fee.tche.br/ipp/mapas/mapa-2.png>>. Acesso em: 07 de agosto 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **1º Inventário de emissões atmosféricas das fontes móveis do estado do Rio Grande do Sul – Ano base – 2009**. 2010. Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/upload/1426084172_INVENT%C3%81RIO%20RS%202009.pdf>. Acesso em: 12 mai. 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Diagnóstico da Qualidade do Ar no Rio Grande do Sul no período de 2003 a 2012**. 2014. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/relatorio_anual_auto.asp?id=A.A&status=s>. Acesso em: 17 jun. 2015.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Monitoramento da qualidade do ar**. 2016. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/monitor_ar.asp>. Acesso em: 17 jun. 2016.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL. **Poluentes – Fontes e Efeitos**. 2015. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/poluentes.asp>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

GASS, K. et al. Associations between ambient air pollutant mixtures and pediatric asthma emergency department visits in three cities: a classification and regression tree approach. **Environmental Health**, v. 14, n. 1, p. 1, 2015. Disponível em: <<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-015-0044-5>>. Acesso em: 13 abr. 2015.

GAVINIER, S.; NASCIMENTO, L. F. C. Air pollutants and hospital admissions due to stroke. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 3, p. 390-401, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v9n3/02.pdf>>. Acesso em: 27 jun. 2015.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, F. L. T. et al. Modelagem dos processos de remoção sulfato e dióxido de enxofre presente no particulado em diferentes localidades da região metropolitana de São

Paulo. **Revista brasileira de Geofísica**, v. 28, n. 1, p. 109-119, 2010. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v28n1/09.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2015.

GOUVEIA, N. et al. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no Município de São Paulo, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 12, p. 2669-2677, 2006. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/csp/v22n12/15.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. **1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil**. 2014. Disponível em:
 <http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Ver_sao_Final_Std.pdf> Acesso em: 15 jun. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Dados das estações**. Disponível em:<
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

JACOMINO, V. M. F. et al. Avaliação da qualidade do ar em um polo produtor de ferro-gusa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.14, n.4, p. 511-520, out/dez. 2009. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/esa/v14n4/11.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2015.

JASINSKI, R.; PEREIRA, L. A. A.; BRAGA, A. L. F. Poluição atmosférica e internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes em Cubatão, São Paulo, Brasil, entre 1997 e 2004. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n.11, p.2242-2252. 2011. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/csp/v27n11/17.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2015.

KLUMPP, A. et al. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 511-518, 2001. Disponível em:<
<http://www.scielo.br/pdf/rbb/v24n4s0/9472.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2015.

LANDIN, R.; GIATTI, L. L. Política de mudança do clima no município de São Paulo, Brasil: reflexividade e permeabilidade do Setor Saúde. **Ciência e Saúde coletiva**, v. 19, n. 10, p. 4149-4156, 2014. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/csc/v19n10/1413-8123-csc-19-10-4149.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

LAURENTI, R. et al., **Estatísticas de saúde**. São Paulo: EPU, 1987.

LEITE, R. C. M. et al. Utilização de regressão logística simples na verificação da qualidade do ar atmosférico de Uberlândia. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 16, n.1, jan./mar., 2011. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n2/v16n2a11.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

LIMA, T. A. C. et al. Association between maternal exposure to particulate matter and premature birth. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 27-36, 2014. Disponível:<
http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/1262/pdf_967>. Acesso em: 22 abr. 2015.

MARIO, J. P. M. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS**. 2012. 87 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MARTINS, L. C. et al. Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil. **Revista Saúde Pública**, v. 36, n. 1, p. 88-94, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v36n1/8121.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

MARTINS, L. C. et al. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, n. 3, p. 220-9, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v4n3/08.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2015.

MIÑO, L. A.; CEBALLOS, A. S. Síntomas respiratorios y función pulmonar en niños de 6 a 14 años de edad y su relación con la contaminación por material particulado PM10 en Santa Marta-Colombia. **Revista Española de Salud Pública**, v. 87, n. 3, p. 239-246, 2013. Disponível em: <http://www.msc.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/vol87/vol87_3/RS873C_239.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2015.

MENDES, C. C. **Modelos para dados de contagem com aplicações**. 2007. 123 p. Dissertação (Mestrado em estatística) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MONTGOMERY, C. D.; RUNGER, C. G. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003.

MORAES, A. C. L. et al. Sibilância em crianças e adolescentes vizinhos a uma indústria petroquímica no Rio Grande do Norte, Brasil. **Jornal de Pediatria**, v. 86, n. 4, p. 337-344, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jped/v86n4/a15v86n4.pdf>>. Acesso em: 5 jun. 2015.

MOURA, M. et al. Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças. **Revista Saúde Pública**, v. 42, n. 3, p. 503-11, 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/pdf/408/40819262002.pdf>>. Acesso em: 7 abr. 2015.

NASCIMENTO, L. F. C. et al. Environmental pollutants and stroke-related hospital admissions. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 7, p. 1319-1324, 2012. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csp/v28n7/10.pdf>>. Acesso em: 7 ago. 2015.

NASCIMENTO, L. F. C.; FRANCISCO, J. B. Material particulado e internação hospitalar por hipertensão arterial em uma cidade brasileira de porte médio. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.29, n.8, p.1565-1571. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v29n8/v29n8a09.pdf>>. Acesso em: 4 jun. 2015.

NASCIMENTO, L. F. C.; MÓDOLO, M. C. C.; CARVALHO J. A. Atmospheric pollution effects on childhood health: an environmental study in the Paraíba Valley Efeitos da poluição. **Revista Brasileira de Saúde Materna e Infantil**, v. 4, n. 4, p. 367-374, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbsmi/v4n4/a05v04n4.pdf>>. Acesso em: 7 mai. 2015.

NEGRISOLI, J.; NASCIMENTO, L. F. C. Poluentes atmosféricos e interações por pneumonia em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 31, n. 4, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rpp/v31n4/pt_0103-0582-rpp-31-04-00501.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2015.

PANDYA, R. J. et al. Diesel exhaust and asthma: hypotheses and molecular mechanism of action. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. Suppl 1, p. 103, 2002. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/3455239?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 6 fev. 2015.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional**. Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo. 2013.

PINHEIRO, S. L. L. A. et al. Efeitos isolados e sinérgicos do MP₁₀ e da temperatura média na mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v. 48, n. 6, p. 881-888. 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v48n6/pt_0034-8910-rsp-48-6-0881.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Mapas**. Disponível em: <http://www2.portoalegre.rs.gov.br/portal_pmpa_novo/>. Acesso em 05 ago. 2015.

QUEIROZ, P. G. M.; JACOMINO, V. M. F.; MENEZES, M. A. B. C. Composição elementar do material particulado presente no aerossol atmosférico do município de Sete Lagoas, Minas Gerais. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1233, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v30n5/a35v30n5.pdf>>. Acesso em: 7 mar. 2015.

RAMALHO, J. J. S. **Modelos de regressão para dados de contagem**. 1996. 111 p. Dissertação (Mestrado em matemática aplicada à economia e à gestão) -Universidade técnica de Lisboa, Lisboa, 1996.

RANGEL, M. C.; CARVALHO, M. F. A. Impacto dos catalisadores automotivos no controle da qualidade do ar. **Química Nova**, v. 26, n. 2, p. 265-277, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v26n2/15000.pdf>>. Acesso em: 8 jan. 2015.

RIBEIRO, H.; PESQUERO, C. Queimadas de cana-de-açúcar: avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. **Revista Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 255-271, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v24n68/18.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

RIBEIRO, H. Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde Respiratória. **Revista Saúde Pública**, v. 42, n. 2, p. 370-6, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v42n2/6804.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2016.

ROBLES, L. A. D. et al. Health risks caused by short term exposure to ultrafine particles generated by residential wood combustion: A case study of Temuco, Chile. **Environment International**, v. 66, p. 174-181, 2014. Disponível em: <http://acs.engr.utk.edu/publications/2014_diaz_1_ei.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2016.

RODRIGUES, T. C. V. **Regressão Binomial Negativa Geograficamente Ponderada: Modelando Superdispersão Espacial**. 2012. 120 p. Dissertação (Mestrado em Estatística) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

ROMÃO, R. et al. Relação entre baixo peso ao nascer e exposição ao material particulado inalável. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 6, p. 1101-1108, 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.org/pdf/csp/v29n6/a07v29n6.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2016.

RUSSO, P. R. A qualidade do ar no município do Rio de Janeiro: análise espaço-temporal de partículas em suspensão na atmosfera. **Revista de Ciências Humanas**, v.10, n.1, p. 78-93, jan./jun., 2010. Disponível:< <http://www.cch.ufv.br/revista/pdfs/artigo5vol10-1.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

SAMOLI, E. et al. Which specific causes of death are associated with short term exposure to fine and coarse particles in Southern Europe? Results from the MED-PARTICLES Project. **Environment International**, v. 67, p. 54-61, 2014. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412014000634>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

TADANO, Y. S. **Análise do impacto de MP10 na saúde populacional: estudo de caso em Araucária, PR**. 2007. 119 p. Dissertação (Mestrado em engenharia mecânica e de materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

TADANO, Y. S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A. T. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. XII, p. 241-255. Jun./dez. 2009. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v12n2/a03v12n2.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

TADANO, Y. S.; MAZZA, R. A.; TOMAZ, E. Modelagem da dispersão atmosférica e impactos na saúde: possibilidades de estudo em regiões sem dados de monitoramento, **Asociación Argentina de Mecánica Computacional**, v. 33, p. 349-363, 2014.

TAO, Y. et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in Lanzhou, China. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 196-201, 2014. Disponível em:< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749113005630>>. Acesso em: 19 mar. 2016.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; SANTANA, E. R. R. Estudo das emissões de fontes móveis na região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. **Química Nova**, v. 31, n. 2, 244-248, 2008. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/qn/v31n2/a10v31n2.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2016.

TEIXEIRA, E. B; ZAMBERLAN, L; RASIA, P. C; **Pesquisa em administração**. Ijuí: Unijuí, 2009.

TRINDADE, D. B. **Modelagem para dados longitudinais de contagem**. 2014. 192 p. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

SILVA, A. M. C. et al. Material particulado originário de queimadas e doenças respiratórias. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 345-352, 2013. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rsp/v47n2/0034-8910-rsp-47-02-0345.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

SILVA, A. M. C. et al. Material particulado (PM_{2.5}) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira Epidemiologia**, v. 13, n. 2, p. 337-351, 2010. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v13n2/15.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2016.

SOUZA, J. B. et al. Componentes principais e modelagem linear generalizada na associação entre atendimento hospitalar e poluição do ar. **Revista de Saúde Pública**, v. 48, n. 3, p. 451-458, 2014. Disponível em:< http://www.scielo.br/pdf/rsp/v48n3/pt_0034-8910-rsp-48-3-0451.pdf>. Acesso em: 25 mai. 2016.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2000.

YANAGI, Y. ASSUNÇÃO, J. V. BARROZO, L. V. The impact of atmospheric particulate matter on cancer incidence and mortality in the city of São Paulo, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 9, p. 1737-1748, 2012. Disponível em:< <http://www.scielosp.org/pdf/csp/v28n9/v28n9a12.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2015.