

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SANTOS

MESTRADO EM SAÚDE COLETIVA

DAVID AGUIAR DE OLIVEIRA

**Relação entre poluição do ar e internações de idosos por
Infarto Agudo do Miocárdio no Município de São Paulo entre
2000 a 2012.**

SANTOS

2015

DAVID AGUIAR DE OLIVEIRA

**Relação entre poluição do ar e internações de idosos por
Infarto Agudo do Miocárdio no Município de São Paulo entre
2000 a 2012.**

Dissertação apresentada ao
Programa de Mestrado em
Saúde Coletiva da
Universidade Católica de
Santos para obtenção do título
de Mestre em Saúde Coletiva.

Área de Concentração:
Ambiente e Saúde.

Orientadora: Prof. Dra.
Lourdes Conceição Martins.

SANTOS

2015

[Dados Internacionais de Catalogação]
Departamento de Bibliotecas da Universidade Católica de Santos

Oliveira, David Aguiar de.
048r Relação entre poluição do ar e internações de idosos por infarto agudo do miocárdio no município de São Paulo entre 2000 a 2012.- / David Aguiar de Oliveira; orientadora Dra. Lourdes Conceição Martins. -- 2015.
101 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Católica de Santos, Programa de Mestrado em Saúde Coletiva.

Bibliografia:

1. Dissertação. 2. Poluição do ar. 3. Infarto agudo do miocárdio. 4. Série temporal. 5. GLM. I. Martins, Lourdes conceição. II. Universidade Católica de Santos. III. Título.

CDU 1997 - 614(043.3)

AGRADECIMENTOS

❖ À Deus,

Autor e consumidor de toda a vida. Ele é a verdadeira sabedoria!

❖ À Maria José,

Seu amor, dedicação e cuidado faz de você singular em minha vida! Obrigado pela grande força e apoio na elaboração desse trabalho.

❖ À Prof^a. Dra. Lourdes Conceição Martins,

Nesses dois anos de mestrado você demonstrou que a sua sabedoria como professora, lhe conservou uma pessoa humilde e disposta a ensinar e apontar caminhos. Tudo nesse trabalho tem as suas mãos e seu jeito de passar conhecimentos. Muito obrigado mestra, orientadora e amiga. Jamais me esquecerei de todo o seu apoio.

❖ À Banca,

Aos professores Dr. Luiz Alberto Amador Pereira, grande mestre nas aulas do mestrado e perito no tema abordado e, à Dr^a. Maria Izabel Cali Stamatto, grande professora do Departamento de Psicologia que muito me ajudou na chegada à Santos e participou dessa banca trazendo-me muita alegria e prazer.

❖ À Professoras Especiais,

Prof^a Dra. Rosa Maria Ferreiro Pinto e Prof^a Dra. Amélia Cohn, minha homenagem pela maestria com que ministravam as suas aulas. Com vocês aprendi a olhar a sociedade com mais solidariedade e a exercer a minha profissão em prol do bem comum. Meu respeito e minha solidariedade pela injustiça sofrida! Sem vocês nunca mais as coisas foram as mesmas.

❖ Aos Amigos

Ysabely Pamplona, muito obrigado amiga pela sua força e apoio na elaboração desse trabalho, sua amizade é muito especial para mim.

Josué Gleriano e Jacqueline Baraúna, nossos churrascos para suportar o mestrado foram demais!

❖ À CAPES e UNISANTOS

Pela concessão da bolsa durante todo o período de realização deste mestrado. Muito obrigado!

EPÍGRAFE

“Ama-se mais, o que se conquista com esforço”.

Benjamin Disraeli

DAVID AGUIAR DE OLIVEIRA

**Relação entre poluição do ar e internações de idosos por
Infarto Agudo do Miocárdio no Município de São Paulo entre
2000 a 2012.**

Dissertação de Mestrado aprovado em ____/____/____.

Banca Examinadora:

Dra. Lourdes Conceição Martins
Orientadora

Prof. Dr. Luiz Alberto Amador Pereira

Prof^a. Dra. Maria Izabel Calil Stamato

RESUMO

Introdução: Em saúde pública, o tema da poluição ambiental é considerado um problema e um desafio a ser enfrentado por todos. Os níveis de poluentes lançados na atmosfera por automóveis, indústrias e pela queimada de florestas, pastos e produtos como a cana-de-açúcar, fazem com que os níveis de poluição prejudiquem a saúde, especialmente grupos mais vulneráveis, como crianças e idosos. Na cidade de São Paulo, a poluição do ar está relacionada ao Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), como veremos nesse estudo.

Objetivo: Avaliar a relação entre poluição do ar e internações de idosos por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) no município de São Paulo entre 2000 a 2012, estratificado por sexo e observando a sua estrutura de defasagem.

Métodos: É um estudo ecológico de séries temporais. Informações diárias sobre os níveis de PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ e O₃, bem como da temperatura mínima e umidade relativa do ar média foram obtidos junto a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Dados das internações hospitalares por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM – CID 10: I21) foram obtidos do banco de dados do Sistema Único de Saúde - SUS (DATASUS). Foi realizada a análise descritiva, correlação de Pearson e utilizado o Modelo linear generalizado polinomial com defasagem distribuída para avaliar o efeito dos poluentes sobre as internações por IAM. O nível de significância de 5%.

Resultados: Foram internados por IAM no SUS entre 2000 a 2012, 39.783 pacientes, dos quais 22.832 do sexo masculino (57,4%) e 16.951 do sexo feminino (42,6%). Dos cinco poluentes analisados na cidade de São Paulo, apenas o O₃ não evidenciou um efeito agudo estatisticamente significativo para o desfecho e faixa etária. Os poluentes PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, apresentaram efeitos agudos e estatisticamente significativos. Para o aumento de um interquartil (24,42µg/m³) de PM₁₀, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,77% (IC95%: 0,93-4,61). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente

significativo no dia da exposição e no primeiro dia após a exposição. Para o aumento de um interquartil ($24,42\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} , observou-se um aumento no número de internações em 5,02% (IC95%: 2,28-7,77). Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo. Para o aumento de um interquartil ($7,48\mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2 , observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,86% (IC95%: 0,97-4,75). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição e no primeiro dia após a exposição. Para o aumento de um interquartil ($7,48\mu\text{g}/\text{m}^3$) de SO_2 , observou-se um aumento no número de internações em 3,84% (IC95%: 1,03-6,65). Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo. Para o aumento de um interquartil ($51,89\mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO_2 , observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,04% (IC95%:0,27-3,80). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Com aumento de um interquartil ($51,89\mu\text{g}/\text{m}^3$) de NO_2 , observou-se um aumento no número de internações em 0,02 - 5,30% (IC95%: 1,03-6,65). Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo. Para o aumento de um interquartil ($1,33\mu\text{g}/\text{m}^3$) de CO, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 1,95% (IC95%:0,31-3,58). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Para o aumento de um interquartil ($1,33\mu\text{g}/\text{m}^3$) de CO, observou-se um aumento no número de internações em 3,83% (IC95%: 1,39 - 6,26). Para as internações do gênero masculino, não se observou efeito agudo.

Conclusão: Há relação entre poluição do ar e o IAM, e entre os idosos as mulheres são mais afetadas. Faz-se necessário continuar o monitoramento rigoroso dos poluentes.

Palavras-chave: Poluição do ar, Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), Idosos.

ABSTRACT

Introduction: In public health, the issue of environmental pollution due to its consequences on people's health, is considered a problem and a challenge to be faced by all. Levels of pollutants released in the atmosphere by cars, industries and the burning of forests, pastures and products such as sugarcane, cause pollution levels harmful to health, especially of vulnerable groups such as children and the elderly. In São Paulo cardiovascular problems and especially the acute myocardial infarction (IAM) has affected the health of the elderly, those related to environmental pollution.

Objective: To evaluate the relationship between air pollution and hospital admissions of elderly by Acute Myocardial Infarction (AMI) in the municipality of São Paulo from 2000 to 2012, noting its lag structure.

Methods: It is an ecological time-series study. Data on PM₁₀, CO, SO₂, NO₂ and O₃ as well as temperatures and relative humidity were collected from the Environmental Sanitation Technology Company of the State of São Paulo – CETESB. Data on hospital admissions were obtained from the National Health System Database - SUS (DATASUS). Hospital admissions for acute myocardial infarction (AMI - ICD 10: I21). Descriptive analysis was made using the Pearson correlation. The relationship between air pollution and MI was evaluated using a polynomial model delay distribution with up to 6 days after exposure to the pollutant. Were also used linear models Poisson generalizations, controlling for long-term seasonality, day of week, temperature and humidity. It was made in calculating the number of admissions to interquartile difference of significant pollutants in the regression model. The 5% significance level was used.

Results: Were hospitalized for AMI in the SUS from 2000 to 2012, 39.783 patients, of whom 22.832 were male (57.4%) and 16.951 women (42.6%). The five pollutants analyzed in São Paulo, only the O₃ did not show a statistically significant acute effect on the outcome and age group. The PM₁₀, SO₂, NO₂, CO, acute and showed statistically significant effects. For the increase of one interquartile (24,42µg/m³) of PM₁₀, there was an increase in total AMI hospitalizations for seniors in 2.77% (95% CI: 0.93 to 4.61). For female

admissions, there is a sharp and statistically significant effect on exposure and on the first day after exposure. For the increase of one interquartile ($24,42\mu\text{g}/\text{m}^3$) of PM_{10} , there was an increase in the number of admissions to 5.02% (95% CI: 2.28 to 7.77). For admissions male, is not observed acute effect. For the increase of one interquartile ($7,48\mu\text{g}/\text{m}^3$) of SO_2 , there was an increase in total AMI hospitalizations for seniors in 2.86% (95% CI: 0.97 to 4.75). For female admissions, there is a sharp and statistically significant effect on exposure and on the first day after exposure. For the increase of one interquartile ($51.89\mu\text{g}/\text{m}^3$) of NO_2 , there was an increase in total AMI hospitalizations for seniors in 2.04% (95% CI: 0.27 to 3.80). For female admissions, we observe a sharp and statistically significant effect on exposure day. With increase of one interquartile ($51,89\mu\text{g}/\text{m}^3$) of NO_2 , there was an increase in the number of admissions to 0.02 to 5.30% (95% CI: 1.03 to 6.65). For admissions male, is not observed acute effect. For the increase of one interquartile ($1,33\mu\text{g}/\text{m}^3$) of CO , there was an increase in total AMI hospitalizations for seniors in 1.95% (95% CI: 0.31 to 3.58). For female admissions, there is a sharp and statistically significant effect on exposure day. For the increase of one interquartile ($1,33\mu\text{g}/\text{m}^3$) of CO , there was an increase in the number of admissions to 3.83 % (95% CI: 1.39 to 6.26). For admissions male, is not observed acute effect.

Conclusion: There is a relationship between air pollution and the IAM, and among older women are most affected. It is necessary to continue close monitoring of pollutants.

Key-words: Air pollution, Acute Myocardial Infarction (AMI), Seniors.

LISTA DE ABREVIações

AIH	Autorização de Informação Hospitalar
AHA	American Heart Association
As	Arsênio
a. C	Antes de Cristo
d. C	Depois de Cristo
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Isômeros de Xileno
CCA	Clean Air Act
Cd	Cádmio
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
C₆H₆	Benzeno
CID	Código Internacional de Doenças
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONSEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
COV's	Compostos Orgânicos Voláteis
DAC	Doença Arterial Coronariana
DATASUS	Sistema de Informações do Sistema Único de Saúde
DCV	Doenças Cardiovasculares
DETRAN - SP	Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo
DP	Desvio Padrão
EEA	Agência Europeia do Ambiente
EPA	Environment Protection Agency
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
GT	Grupo de Trabalho
H₂SO₄	Ácido Sulfúrico
HAS	Hipertensão Arterial Sistêmica

HC	Hidrocarbonetos
HSO₄	Bissulfatos
HPA's	Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos
HVE	Hipertrofia Ventricular Esquerda
IAM	Infarto Agudo do Miocárdio
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Intervalo de Confiança
Mg/m³	Miligramas por metro cúbico
MI	Meta Intermediária
MP	Material Particulado
Ni	Níquel
NO_x	Óxido de Nitrogênio
NO₂	Dióxido de Nitrogênio
O₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial da Saúde
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PAN	Nitrato Peroxiacetilo
Pb	Chumbo
PCPV	Plano de Controle de Poluição Veicular
PITU	Plano Integrado de Transporte Urbano
PF	Padrões Finais
pH	Potencial de Hidrogênio
PM₁₀	Material Particulado Inalável
PM_{2,5}	Material Particulado Inalável Fino
Ppm	Parte por milhão
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
PRODESP	Processamento de Dados do Estado de São Paulo
PRO-AIM	Programa de Aprimoramento das Informações de Mortalidade
OS	Partículas Sedimentáveis
PTS	Partículas Totais em Suspensão
RBC	Red Blood Cell
RCQA	Regiões de Controle de Qualidade do Ar

RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SBC	Sociedade Brasileira de Cardiologia
SES	Secretaria Estadual de Saúde
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SUS	Sistema Único de Saúde
SO₂	Dióxido de Enxofre
SO₃	Óxido Sulfúrico
SO₄	Sulfato
UE	União Europeia
UGRH	Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UM	Umidade
USEPA	Agência Nacional de Proteção ao Meio Ambiente dos EUA
USP	Universidade de São Paulo
WHO	Global Health Observatory
µm	Micrômetro
µg	Micrograma

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Possíveis efeitos mecanicistas da poluição atmosférica na morbidade e mortalidade cardiovascular	26
FIGURA 2	Desfechos clínicos estabelecidos relacionados com a poluição do ar (gases e partículas)	26
FIGURA 3	Inversão Térmica – Ilustração da ocorrência do Fenômeno	32
FIGURA 4	Vale de Meuse, Bélgica – 1930	33
FIGURA 5	Vale de Meuse, Bélgica – 1930	33
FIGURA 6	Inversão Térmica – Donora: Pensilvânia em 1948	34
FIGURA 7	Donora e cercanias – 1948	34
FIGURA 8	Londres, 1952. Durante o período de smog	35
FIGURA 9	Londres, 1952. Durante o período de smog	36
FIGURA 10	Distribuição do Material Particulado por tamanho	54
FIGURA 11	Regiões de Controle de Qualidade do Ar (RCQA) do Estado de São Paulo	62
FIGURA 12	Trânsito na cidade de São Paulo	72
FIGURA 13	Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas internações por IAM \geq 60 total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de O ₃ (52,17	

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$)	91
FIGURA 14	Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por IAM \geq 60 total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de PM ₁₀ (24,42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).....	93
FIGURA 15	Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por IAM \geq 60 total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de SO ₂ (7,48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	95
FIGURA 16	Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por IAM \geq 60 total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de NO ₂ (51,89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	97
FIGURA 17	Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por IAM \geq 60 total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de CO (1,33 ppm)	99

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Padrões Nacionais de Qualidade do Ar: Resolução Nº 03/1990 - CONAMA	60
QUADRO 2	Padrões Estaduais de Qualidade do Ar: Decreto Estadual Nº 59.113/2013	63
QUADRO 3	Estrutura do Índice de Qualidade do Ar Decreto Estadual Nº 59.113/2013	64
QUADRO 4	Padrões de Qualidade do Ar da Organização Mundial de Saúde (OMS)	65
QUADRO 4	Distribuição de Placas de Rodizio Veicular	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Faixa etária das pessoas que faleceram em Londres: Smog - 1952 ...	37
Tabela 2	Frota de Veículos na cidade de São Paulo – Tipo de Veículos/ Primeiro Trimestres de 2015	45
Tabela 3	Critérios para episódios agudos de poluição do ar – Resolução do Conama nº 003/1990	59
Tabela 4	Padrões de qualidade do ar para as matérias particuladas segundo o EEA, USEPA e CONAMA	61
Tabela 5	Análise descritivas das internações por IAM por faixa etária de 60 anos ou mais e para os gêneros feminino e masculino no município de São Paulo	82
Tabela 6	Análise descritiva para os poluentes do ar e variáveis climáticas para o município de São Paulo	83
Tabela 7	Coeficiente de correlação de Pearson para os poluentes e variáveis climáticas para o município de São Paulo	90

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Série de tempo para o O ₃ (ug/m ³) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.....	83
Gráfico 2	Série de tempo para o CO (ppm) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.....	84
Gráfico 3	Série de tempo para o NO ₂ (ug/m ³) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012	85
Gráfico 4:	Série de tempo para o SO ₂ (ug/m ³) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012	86
Gráfico 5	Série de tempo para o PM ₁₀ (ug/m ³) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012	87
Gráfico 6	Análise de séries de tempo para temperatura mínima no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012	88
Gráfico 7	Análise de séries de tempo para umidade média no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	20
1.1 História da poluição do ar no mundo.....	28
1.1.1 Poluição do ar e Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) em idosos.....	39
1.1.2 Poluição do ar na cidade de São Paulo.....	44
1.2. Poluentes Atmosféricos.....	48
1.2.1 Material Particulado (MP).....	49
1.2.1.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS).....	50
1.2.1.2 Partículas Inaláveis (MP10).....	51
1.2.1.3 Partículas Inaláveis Finas (MP 2,5).....	52
1.2.1.4 Partículas Inaláveis Ultrafinas (PM0,1).....	53
1.2.2 Óxido de Nitrogênio (NOx) e Dióxido de Nitrogênio (NO2)	54
1.2.2 Dióxido de Enxofre (SO2) e Aerossóis Ácidos	55
1.2.3 Ozônio (O3) e Oxidantes Fotoquímicos.	56
1.2.4 Monóxido de Carbono (CO).	57
1.3 Critérios de Qualidade do Ar.	57
1.4. Políticas Públicas de Prevenção dos Efeitos da Poluição do Ar.....	67
1.4.1 Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado de São Paulo – PCPV 2011 / 2013	72
1.4.2 O Rodízio de Veículos na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP	74
2. OBJETIVOS	76
2.1 Objetivo Geral:	76
2.2. Objetivos Específicos:	76
3. CASUÍSTICA E MÉTODOS	77
3.1. Tipo de estudo.....	77
3.2. Dados de morbidade	77
3.3. Variáveis de estudo.....	78
3.3.1. Variáveis dependentes.....	78
3.3.2. Variáveis Independentes.....	79
3.3.3. Variáveis de controle.....	79
3.4. Análise Estatística	79
4. RESULTADOS	82
5. DISCUSSÃO	100
5.1. Síntese dos Resultados.....	102
5.2. Síntese da Metodologia Utilizada no Estudo.....	105
5.3. A Contextualização dos Resultados.....	107
5.3.1 Os efeitos dos poluentes.....	107
6. CONCLUSÃO.....	109
7. REFERÊNCIAS.....	110

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

O campo de conhecimento que integra a Saúde Coletiva e que abrange a relação do ambiente com o padrão de saúde de uma população é chamado de Saúde e Ambiente, ou ainda Saúde Ambiental. Ele incorpora os elementos e fatores específicos, como substâncias químicas, elementos biológicos ou situações que acabam por interferir social, econômica e psiquicamente nos seres humanos. Um ideal de saúde para os seres humanos seria manter em equilíbrio todos os elementos e fatores, pois isso traria uma sensação de bem-estar aos indivíduos. (KOLHY, 2014)

Vários estudiosos como Anoop et al, (2013); Cavalcanti, (2010) e Barbosa, (2006) afirmam existir uma relação forte entre saúde e poluição ambiental, uma vez que esta, bem como as suas consequências, tem se tornado um problema de saúde pública e seus efeitos sobre a saúde humana vêm sendo estudados há mais de 50 anos.

Segundo Cavalcanti (2010), apesar da poluição do ar ser reconhecida como um dos dilemas ambientais mais importantes e controvertidos dos tempos modernos, é também um dos problemas mais antigos que afeta a humanidade desde os primórdios da civilização humana.

De acordo com Braga et al (2001) a qualidade do ar começou a ser comprometida a partir da descoberta do fogo, trazendo consequências na Terra há milhões de anos, quando os ancestrais humanos que habitavam a porção sul do continente africano, transformando muitas vezes, de maneira predatória, a natureza.

Cavalcanti (2010) e Braga et al (2001) afirmam que um dos motivos pelos quais as tribos nômades mudavam periodicamente, era para saírem de perto do mau cheiro dos resíduos gerados por animais, vegetais e humanos. Quando o homem primitivo aprendeu a usar o fogo, e o utilizaram, durante milhares de anos, de maneira que alteravam a qualidade do ar no interior de suas moradias, respirando os produtos da combustão incompleta.

Segundo Santos (2005), o ar poluído é qualquer alteração na composição química, física ou biológica. Isso tem a ver com a presença de

gases, vapores e materiais particulados que não estão presentes normalmente em sua composição ou, quando constituintes do mesmo, estão em elevada concentração.

Segundo a CETESB (2012) poluente do ar é qualquer substância presente na atmosférica e que, dependendo da sua concentração, pode torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Para Negrete et al (2010), a poluição atmosférica urbana produz efeitos adversos sobre a saúde dos grupos mais suscetíveis e se caracteriza pela presença na atmosfera de substâncias como gases, poeira, fumaça ou odores fora dos padrões aceitáveis e estabelecidos pelas autoridades que os controlam, tornando-se prejudicial à saúde. (ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY – EPA: VICTORIA, 2012)

De acordo com a CETESB (2012), a lei nº 997, de 31 de maio de 1976, define como poluição ambiental a presença de *“qualquer matéria ou energia com intensidade e quantidade em desacordo com o padrão estabelecido, tornando prejudiciais à saúde o ar, a água ou o solo, trazendo danos à fauna e à flora de uma determinada população”*.

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados em primários e secundários. Os primários são aqueles lançados diretamente de suas fontes para o ar, como os poluentes dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de nitrogênio (NO₂ e NO), monóxido de carbono (CO) e alguns particulados, como a poeira. Os secundários se formam na atmosfera através de reações químicas entre certas substâncias e determinadas condições físicas como o calor e a luz solar. (BRAGA et al, 2001; BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010; CETESB, 2012)

Temos por exemplo, de poluente secundário o SO₃, que é formado pelo SO₂ e O₂ presente na atmosfera, este, ao reagir com o vapor de água produz o ácido sulfúrico (H₂SO₄), que quando se precipita origina a chamada ‘chuva ácida’. (BRAGA et al, 2001)

Segundo Lima et al (2012) a poluição atmosférica pode resultar em impactos de ordem local, regional e global. Os impactos locais são localizados próximos às fontes de poluição, produzem desde agravos à saúde humana até alterações na quantidade de precipitação na área urbana. O impacto regional

ou continental é visto distantes das fontes de origem, como por exemplo as chuvas ácidas. Já os impactos globais afetam todo o planeta, podemos incluir o efeito estufa e a destruição da camada de ozônio.

Além da alta concentração de poluentes atmosféricos, outras condições climáticas podem contribuir e interferir impossibilitando a dispersão desses compostos prejudiciais à saúde humana em todo o planeta.

Segundo a CETESB (2012), a concentração de poluentes também está fortemente relacionada às condições meteorológicas. Alguns dos parâmetros que favorecem altos índices de poluição são: alta porcentagem de calmaria, ventos fracos e inversões térmicas a baixa altitude.

A inversão térmica se caracteriza por uma camada de ar quente que se forma sobre a cidade, “aprisionando” o ar e impedindo a dispersão dos poluentes. Este fenômeno é particularmente comum no inverno paulista, quando as noites são frias e a temperatura tende a se elevar rapidamente durante o dia, provocando alteração no resfriamento natural do ar. (CETESB, 2012)

Na idéia de desenvolvimento sustentável, a poluição ambiental destaca-se como um dos principais aspectos a ser discutido por pesquisadores, entidades governamentais e pela sociedade em geral (CASTRO, ARAÚJO e SILVA, 2013; LIMA et al, 2012). Nas últimas décadas vem sendo registrado um significativo aumento nas concentrações de substâncias perigosas no ambiente atmosférico, preocupando estudiosos sobre essa temática em todo o mundo. Braga et al (2001), afirmam que um dos elementos que mais têm sido agredidos pelo homem é o ar, por ser abundante, invisível e inodoro, provavelmente não recebeu maiores preocupações por parte de seus agressores.

Vários estudiosos como Castro, Araújo e Silva (2013), Lima et al (2012), Barbosa (2006), Cavalcanti (2010)) apontam os veículos automotores e as atividades industriais ligadas diretamente aos problemas ambientais e de saúde pública, uma vez que estas fontes são as principais responsáveis pela presença dos mais variados componentes ambientais na atmosfera.

Poluentes como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o dióxido de enxofre (SO₂), o ozônio (O₃), a fumaça e os materiais particulados, representados pelas partículas inaláveis (PM₁₀ e PM_{2,5}) e pelas

partículas em suspensão, encontram-se em grandes escalas em lugares com alto número de veículos. (CASTRO, ARAÚJO e SILVA, 2013, CAVALCANTI, 2010, NEWBY, 2014)

Newby (2014) e Belloti (2012), afirmam que os materiais particulados são muitas vezes classificados em três grandes grupos de acordo com seu tamanho. As partículas grossas de diâmetro entre 10 e $\geq 2,5 \mu\text{m}$; as partículas finas, de diâmetro entre 2,5 e $\geq 0,1 \mu\text{m}$ e as partículas ultrafinas com diâmetro de $0,1 \mu\text{m}$. Ainda segundo estes autores, os regulamentos e a maioria dos monitoramentos, são representados pela concentração de massa de partículas menores que $2,5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2,5}$) e $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}).

A poluição do ar varia no tempo e no espaço. Periodicamente a Agência Europeia do Ambiente (EEA) apresenta uma avaliação espacial e temporal baseada em redes de monitorização de rotina em toda a Europa. Esse monitoramento mostra variação substancial tanto entre quanto dentro das áreas observadas, apresentando uma elevação na região Sul da Europa. (NEWBY, 2014)

A variação espacial está principalmente relacionada com a presença de fontes de escala local e regional (NEWBY, 2014). Para este autor, as concentrações de *“ $\text{PM}_{2,5}$ em locais de tráfego foram, em média 14% maior do que em outras cidades urbanas [...]. Diferenças urbano-rurais são encontrados por fuligem (média 38% maior), NO_2 (63% maior) e número de partículas ultrafinas”*.

A variação temporal das concentrações médias diárias de poluição do ar está principalmente relacionada às condições climáticas que afetam a dispersão da poluição e menos a variações nas fontes dos poluentes. Fatores como a direção e velocidade do vento, a estabilidade atmosférica, são pontos importantes a serem considerados na variação temporal. (NEWBY, 2014)

Existe uma variação na concentração de poluentes atmosféricos durante o dia. Fatores naturais como temperatura e luz solar influenciam as taxas de reações químicas, tais como a formação do Ozônio, que estão mais elevadas durante dias mais quentes, de alta intensidade solar, mostrando um pico largo durante o dia, quando muitas pessoas estão ao ar livre, resultando assim, em uma exposição humana significativa. (NEWBY, 2014)

As substâncias decorrentes da evaporação/combustão dos combustíveis fósseis, representados principalmente pelos Compostos Orgânicos Voláteis (COVs) e os Hidrocarbonetos Poliaromáticos (HPAs) também se mostram presentes no ar nas grandes cidades.

Poluentes gasosos são reconhecidos por causar danos à saúde, especialmente em indivíduos com doenças preexistentes. Em particular, os COV's são altamente reativos, possuem elevado caráter tóxico e podem participar de inúmeras reações na atmosfera formando poluentes secundários. (CASTRO, ARAÚJO e SILVA, 2013; CAVALCANTI, 2010; BARBOSA, 2006; BRAGA et al, 2001; MARTINS, 2006)

Os sistemas respiratórios e cardiovasculares são os mais afetados pela poluição do ar. Desde 1990, estudos epidemiológicos apresentam associações entre internações hospitalares e os níveis de poluição atmosféricos. Morbidade e mortalidade estão relacionadas aos níveis de poluição, mesmo em países com alto índice de desenvolvimento e rigoroso controle de poluição ambiental. (DOMINICI et al, 2006; NEGRETE et al, 2010; CASTRO, ARAÚJO e SILVA, 2013)

Em um estudo realizado por Newby (2014) observou-se um aumento do risco de mortalidade associada à exposição de curto prazo aos Materiais Particulados, NO₂ e o Ozônio. O pesquisador observou ainda um aumento percentual médio de todas as causas de mortalidade para um incremento de 10mg/m³ na exposição de curto prazo para PM_{2,5} que foi de 1,0%, com variação regional significativa em diversas partes de todo o mundo.

Segundo este mesmo autor, foi encontrado um aumento na mortalidade por doenças respiratórias (+ 1,5%) e Infarto Agudo do Miocárdio (+ 0,8%). Em países da Ásia Oriental as associações foram um pouco menores, mas os efeitos globais para a saúde são muito maiores devido aos elevados níveis de poluição do ar. (NEWBY, 2014)

Os efeitos em longo prazo da poluição atmosférica na mortalidade estão associados as altas concentrações ambientais de PM_{2,5}. Em 2010, a American Heart Association (AHA) divulgou aumentos em todas as causas de mortalidade relacionada com a exposição ao PM_{2,5} a longo prazo do que para a exposição a curto período de tempo. Um estudo europeu realizado com mais de 300.000 indivíduos, mostrou um crescimento dos efeitos das partículas de

PM_{2,5} em todas as causas de mortalidade duas vezes maior do que estimativas anteriores. (NEWBY, 2014)

Barbosa (2006) pesquisou em sua tese de doutorado a relação entre a poluição atmosférica e o desencadeamento de crises álgicas em crianças e adolescentes portadores de anemia falciforme na cidade de São Paulo. Sua pesquisa constatou que o *“efeito da poluição do ar na população pediátrica não se restringe as doenças respiratórias [...] pacientes falciformes a manifestação principal dos efeitos adversos foi associada com a inflamação dos vasos”*.

Pode-se afirmar então que a poluição atmosférica pode desencadear alterações fisiopatológicas sistêmicas, em todas as faixas etárias e em diversos tipos de patologias, reproduzindo resultados já observados em adultos e idosos saudáveis ou não, como este realizado por Barbosa (2006) com crianças e adolescentes portadoras de anemia falciforme.

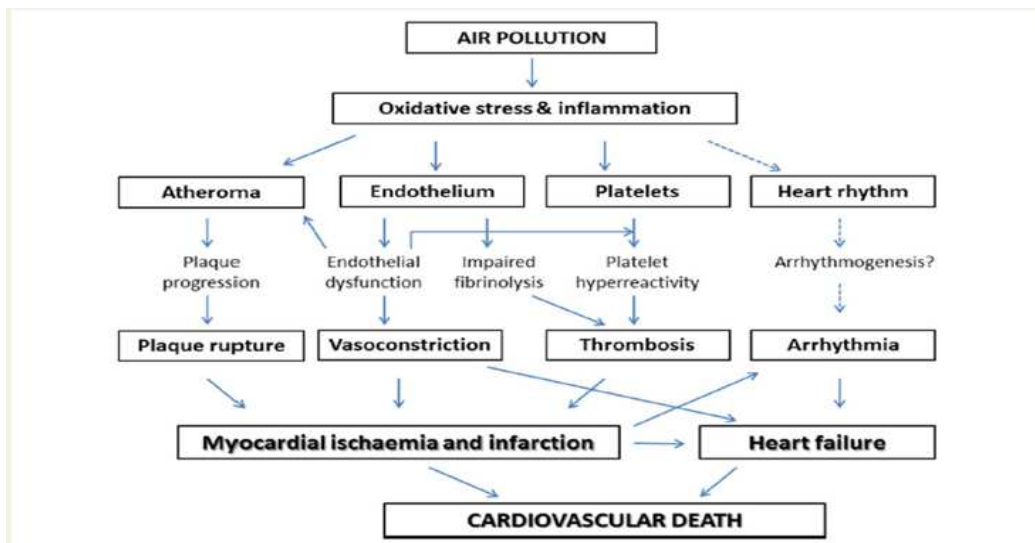
Siponen et al (2014) acompanharam um grupo de 52 pacientes com doenças isquêmicas cardíacas entre novembro de 2005 a abril de 2006 na cidade de Kotka – Finlândia, determinando 9 marcadores inflamatórios de amostras sanguíneas. Foi monitorado também durante o mesmo período a poluição do ar em um local fixo, além da distribuição das fontes de PM_{2,5} usando um modelo da Agência de Proteção Ambiental (EPA).

Os resultados da pesquisa de Siponen et al (2014) identificaram cinco categorias de fontes poluidoras: transporte de longo alcance regional e de trânsito, de combustão de biomassa, sal do mar e da indústria de celulose.

Os estudos de Siponen et el (2014) mostraram que os marcadores de inflamação mais relevantes foram a proteína C-reativa, interleucina-12 e mieloperoxidase. O sal do mar não foi positivamente associado com qualquer um dos marcadores inflamatórios. A pesquisa sugeriu que a emissão de PM_{2,5} de várias fontes são promotores de inflamação sistêmica, um fator de risco para doenças cardiovasculares, entre elas o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM).

Estudiosos do tema como Braga et al (2001), Martins et al (2006 e 2010), Bellasi et al (2007), mostram uma significativa correlação entre a poluição do ar e o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM). Segundo Newby (2014), a poluição do ar além de agravar doenças cardíacas pré-existentes, parece ter um papel fundamental no desenvolvimento de patologias cardíacas, como se observa na figura 1 a seguir.

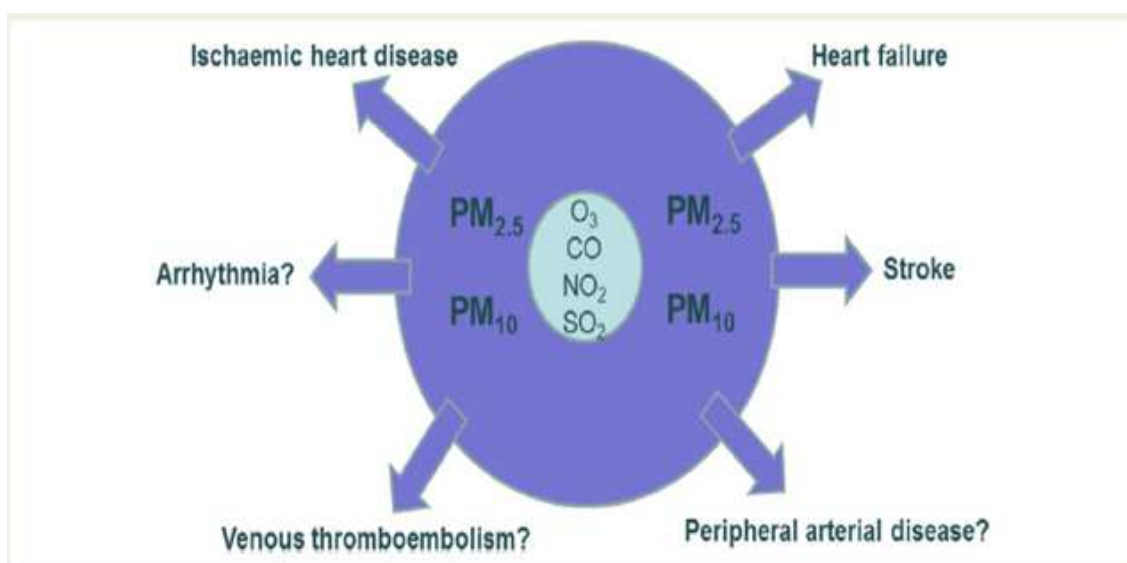
Fig. 1 - Possíveis efeitos mecanicistas da poluição atmosférica na morbidade e mortalidade cardiovascular.



FONTE: NEWBY, 2014.

Newby (2014), direciona também para evidências importantes, como para os Materiais Particulados ($PM_{2,5}$ e PM_{10}), que estes quando comparados com outros poluentes gasosos, podem estar associados no desenvolvimento de outras doenças cardiovasculares, além do Infarto Agudo do Miocárdio como pode se observar na figura 2 a seguir.

Fig. 2 – Desfechos clínicos estabelecidos relacionados com a poluição do ar (gases e partículas).



FONTE: NEWBY, 2014.

Segundo Wang, Eliot, Wellenius (2014) existe uma forte associação, muito bem documentada entre a poluição por Material Particulado (PM) e as mortalidades e morbidades do sistema cardiovascular, principalmente o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), em longo prazo nos EUA. Estes autores consideram que as elevações atmosféricas de PM, também podem aumentar os riscos de isquemia e/ou hemorragia, por alterações fisiopatológicas de curto prazo, embora não haja muitas evidências sistematicamente revisadas que fundamentem as mudanças nesses mecanismos.

O Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) significa basicamente a perda definitiva dos cardiomiócitos (células cardíacas) provocada por isquemia aguda ou prolongada de uma artéria cardíaca em geral, causada por trombose e/ou vasoespasmo sobre uma placa aterosclerótica. O processo migra do subendocárdio para o subepicárdio. (PESARO, SERRANO Jr., NICOLAU, 2004)

Segundo Pesaro, Serrano Jr. Nicolau (2004), a maior parte dos IAM tem por causa a rotura súbita e a formação de trombo sobre células vulneráveis, inflamadas, ricas em lipídios e com capa fibrosa delgada. Uma parcela menor dos casos de IAM está associada à erosão da placa aterosclerótica, existindo um padrão dinâmico de trombose e trombólise simultaneamente, associadas a vasoespasmo, causando obstrução do fluxo intermitente e embolização distal sendo este um dos mecanismos responsáveis pela falência da reperfusão tecidual apesar da obtenção de fluxo na artéria cardíaca acometida.

Bellasi et al (2007) afirmam que no caso do Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), as mulheres apresentam um pior prognóstico do que os homens. Segundo este autor, é a principal causa de morte entre as mulheres nos Estados Unidos. O sexo feminino apresenta menor incidência de casos de IAM contrastando com uma taxa de mortalidade duas vezes mais alta. Essa informação está de acordo com os resultados desta pesquisa, que será visto mais detalhadamente nos resultados.

Segundo Bellasi et al (2007) as mulheres que sofrem IAM, quando comparadas com os homens, apresentam artérias coronárias menores do que os homens, bem como manifestações atípicas como estenose coronária com limitação do fluxo nos exames de angiografia, por exemplo, por esse motivo

seriam mais seriamente vitimadas seja como causa a estenose ou disfunção endotelial.

Em todo mundo, a estimativa da Organização Mundial de Saúde é que mais de um milhão de pessoas morrerão prematuramente a cada ano devido a poluição do ar. (WHO - GLOBAL HEALTH OBSERVATORY, 2008)

No Brasil em 1990, foi criada pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a Resolução Nº 03/1990, na qual foram estabelecidos dois padrões de qualidade do ar. Os padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população exposta. Podem ser considerados os níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos. Já os padrões secundários de qualidade do ar podem ser entendidos como os níveis desejados de concentração de poluentes, que será visto mais detalhadamente no decorrer deste trabalho.

Os padrões adotados no Brasil que foram regulamentados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), seguem as orientações da Organização Mundial da Saúde (OMS), da Agência Europeia do Ambiente (EEA) e da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), que emitem relatórios periódicos sobre a poluição ambiental em todo o mundo.

Esse estudo é justificado por três razões principais: primeiramente, pela atualidade do tema poluição do ar, depois, pela relevância da cidade de São Paulo na conjuntura geral do país no que diz respeito a poluição por veículos automotivos, e, finalmente, pela importância das doenças cardiovasculares entre idosos na cidade de São Paulo.

1.1 História da poluição do ar no mundo.

A presença do homem no planeta Terra data de milhões de anos e ao longo dessa presença uma história de rompimento deste com seus entornos ambientais. Assim, apesar da poluição atmosférica ser reconhecida atualmente como um dilema ambiental globalizado importante e controvertido é também

um dos problemas mais antigos que a humanidade tem sofrido. (CAVALCANTI, 2010; BARBOSA, 2009)

A partir da descoberta do fogo, o homem pré-histórico começou a contribuir de forma atuante, e não consciente, para a deterioração da qualidade do ar. Um dos motivos pelos quais as tribos tinham comportamento nômade mudando, periodicamente, se dava pelo mau cheiro dos dejetos animais, vegetais e humanos. (CAVALCANTI, 2010)

Segundo Cavalcanti (2010), quando as tribos primitivas aprenderam a fazer uso do fogo durante milhares de anos, como forma de sobrevivência, alteravam a qualidade do ar no interior do local onde viviam, respirando os produtos da combustão incompleta. Tal prática ainda pode ser observada em algumas partes do mundo, onde algumas tribos ainda convivem com a queima incompleta de recursos naturais.

Cavalcanti (2010), citando Stern (1986) afirma que desde 361 a.C. em Roma, há mais de 2 mil anos, surgiram as primeiras reclamações sobre a qualidade do ar, quando Theophrastos já se referia a “*substâncias fósseis que queimam por um longo tempo, mas cujo cheiro é incômodo e desagradável*”. Em 65 a.C., o poeta Horácio queixava que os templos de Roma se encontravam enegrecidos pela fumaça, surgindo assim as primeiras reclamações a respeito da poluição do ar. (CAVALCANTI, 2010)

No fim do século XIII, foram assinadas as primeiras leis de qualidade do ar na Inglaterra. Em 1273, o Rei Eduardo, da Inglaterra, estabeleceu medidas relacionadas à qualidade do ar, proibindo o uso de carvão com alto teor de enxofre. O abatimento das cinzas e fumaça foi considerado como um problema de saúde pública e a primeira “*Public Health Act*” data de 1848, seguida de outras em 1866 e 1887. Posteriormente, a rainha Elizabeth I proibiu a queima do carvão, em Londres, durante as sessões parlamentares, afim de reduzir a fumaça e o odor produzidos pela combustão. (CAVALCANTI, 2010)

Segundo Cavalcanti (2010), a primeira regulamentação que limitava as emissões de fumaça nos EUA é datada de 1880 e foi direcionada para indústrias, locomotivas e navios, excluindo as fontes domésticas, afim de diminuir essas emissões, que eram consideradas como de responsabilidade municipal. Até então, não havia leis federais ou estaduais ou qualquer outro regulamento.

Entre o período de 1900 e 1925 grandes mudanças tecnológicas, tanto na área de produção, quanto na de engenharia de controle da poluição do ar ocorreram. Entretanto, não houve alterações na legislação ou entendimento da dimensão do problema. Assim, as cidades e indústrias cresciam e conseqüentemente o seu potencial poluidor aumentava. (CAVALCANTI, 2010)

Segundo Cavalcanti (2010), as principais atividades associadas à poluição do ar desde os primórdios da civilização humana e nos séculos anteriores a Revolução Industrial, eram a metalúrgica, a produção de cerâmica e a preservação de produtos animais. As vilas estavam expostas à poeira e aos fumos originados de muitas fontes. *“O cobre e o ouro eram forjados, a argila era fundida para produzir cerâmica e tijolos, antes de 4000 A.C. O ferro era comumente utilizado e o couro era curtido antes do ano 1 D.C.”.*

Ao longo da história, a interação do ser humano com a natureza tem se modificado bastante. Desde os primeiros registros históricos, o ser humano era subjugado pela natureza, sendo o mundo natural considerado por ele como onipotente, imprevisível e indomável. Essa relação se modificou de forma considerável, a partir das Revoluções Científicas e Industriais, quando o ser humano passou a se considerar superior ao mundo natural, tendendo a domar, explorar e revelar todos os segredos da natureza. (RESENDE, 2007)

Segundo Cavalcanti (2010), a Revolução Industrial foi *“uma consequência do aproveitamento do vapor para prover energia, bombear água e mover máquinas”.* Iniciou nos primeiros anos do século XVIII, com as primeiras máquinas a vapor, culminando em 1784, com o motor de combustão interna a vapor, que reinou absoluto até ser substituído pelas turbinas a vapor, no século XX. *“As máquinas a vapor eram movidas a biomassa ou combustíveis fósseis, mas, no século XIX, o principal combustível era o carvão, embora já fosse utilizado algum óleo no final do século”.*

Cavalcanti (2010) afirma que o problema da poluição do ar no século XIX era atribuído, principalmente, *“à fumaça e cinzas nas fornalhas das caldeiras, movidas a carvão ou óleo, para produzir energia elétrica; mover locomotivas e navios; além do aquecimento e da cocção em ambientes domésticos”.* (CAVALCANTI, 2010)

Na Europa, especialmente na Inglaterra, a partir da Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, a poluição, sobretudo a atmosférica, tomou

proporção gigantesca. Até aquele momento histórico, tinha-se a ideia, ainda que inconsciente, que a natureza daria conta de contornar todo e qualquer exagero humano em sua manipulação, e que os recursos naturais nunca acabariam. (RESENDE, 2007)

A Revolução Industrial passou a estabelecer uma economia industrializada, centrada no espaço urbano e baseada no consumo elevado de matérias-primas e energia, alterando significativamente o impacto do homem sobre a natureza. Tinha-se um pensamento implícito de que os recursos da natureza seriam infinitos e o meio ambiente teria capacidade para absorver indefinidamente os detritos gerados pela sociedade industrial. (RESENDE, 2007)

Somente a partir do século XX o ser humano começou a perceber a sua influência negativa sobre o meio ambiente, principalmente, após os grandes estragos causados pelas duas guerras mundiais. Porém, o crescimento da população e de atividades econômicas globais mostrou que a preocupação apenas com o controle da poluição e regulamentações ambientais de proteção à fauna e à flora eram insuficientes perante o problema que se estabelecia. (CAVALCANTI, 2010; BARBOSA, 2006; RESENDE, 2007)

Ao longo dos anos, muitos desastres ambientais ocorreram em todo o planeta, não obstante a todos os conhecimentos adquiridos sobre os prejuízos para o meio ambiente, assim como para a saúde humana, além da importância de se controlar os poluentes atmosféricos. (HABERMANN, MEDEIROS E GOUVEIA, 2011)

Segundo Barbosa (2006) os efeitos agudos da poluição do ar são os ocorrem com a exposição de um ou de poucos dias. Os efeitos subagudos ocorrem com algumas semanas e os efeitos em longo prazo são as consequências dos efeitos subclínicos em um processo crônico podendo gerar morbidade ou até mesmo a morte. Esses efeitos foram observados nos três episódios mundiais que marcaram, devido ao alto índice de mortalidade, como será descrito a seguir.

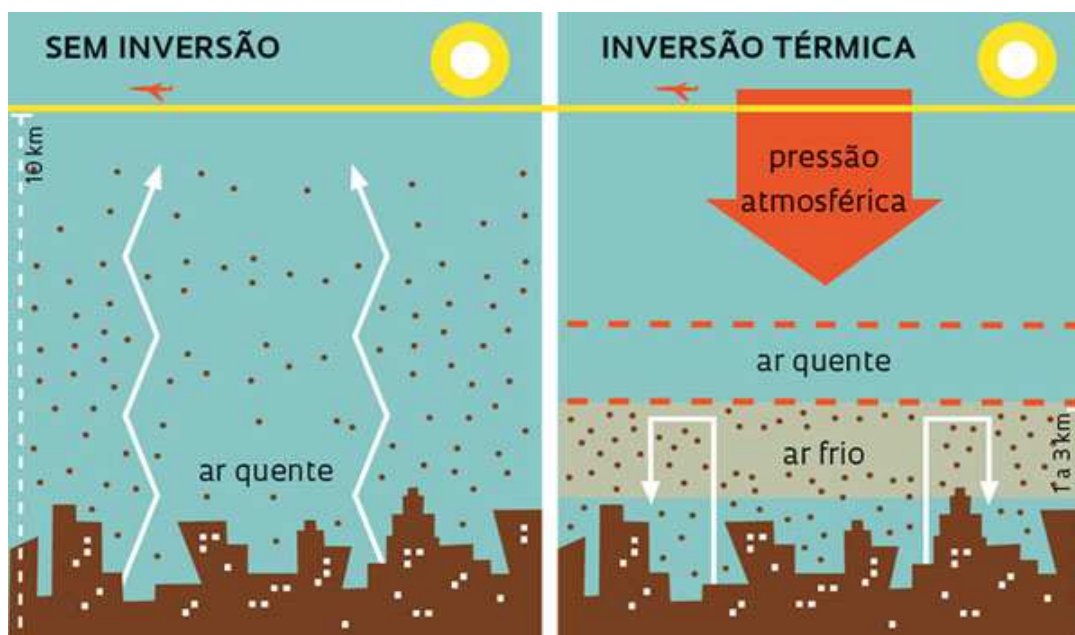
Segundo Cavalcanti (2010) e Habermann e Gouveia (2012), o período compreendido entre 1925 e 1950 foi marcado por grandes problemas de poluição do ar. Os episódios, mais marcantes referentes à poluição ambiental que chamaram a atenção de pesquisadores sobre a relação entre os altos

níveis de poluentes no ar e a morbimortalidade por doenças ligadas ao aparelho respiratório, serão descritos a seguir. Desde então, o interesse pelo assunto vem crescendo em grande escala.

Nos primeiros dias de dezembro de 1930 ocorreu no Vale de Meuse um nevoeiro que encobriu uma grande parte da Bélgica. Esse evento é chamado de Inversão Térmica que é um fenômeno meteorológico que se caracteriza pela presença de ar frio nas regiões mais próximas à superfície, diferentemente do que ocorre em dias normais. Como as camadas mais elevadas também são frias, forma-se uma faixa quente intermediária. Por ser mais leve que o ar frio, o quente fica em uma área superior, impedindo a dispersão de poluentes. (BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010; CETESB, 2012)

A ausência de ventos e de chuvas agrava a inversão térmica, pois dificulta ainda mais essa dispersão, conforme se observa na Figura 3. Devido a inversão térmica, os poluentes ficaram estacionados sobre a região, dificultando assim, a dispersão dos mesmos, transformando o dia em noite. (BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010; CETESB, 2012)

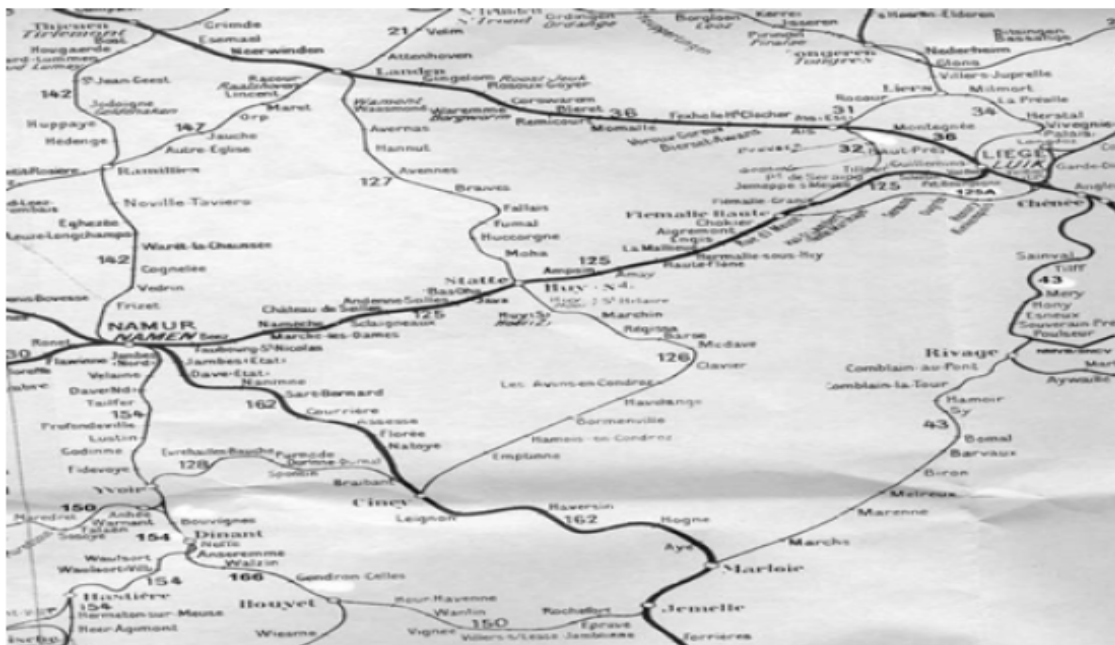
Figura 3: Inversão Térmica – Ilustração da ocorrência do fenômeno.



FONTE: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/08/10>

A região com cerca de 20 quilômetros de comprimento apresentava uma grande concentração de indústrias, como se observa nas Figuras 4 e 5. Havia siderúrgicas, metalúrgicas, centrais de produção de energia elétrica, minas de carvão, carvoarias, fábricas de vidro, de fertilizantes, e fundição de zinco por meio de fornos a carvão ou a gasogênio entre outras atividades e indústrias. O evento agravou-se pela falta de chuva e vento que dificultou a dispersão dos poluentes que permaneceram estacionados por vários dias sobre a região. (MISSAGIA, S., 2012; BARBOSA, 2006; LPAE, 2013)

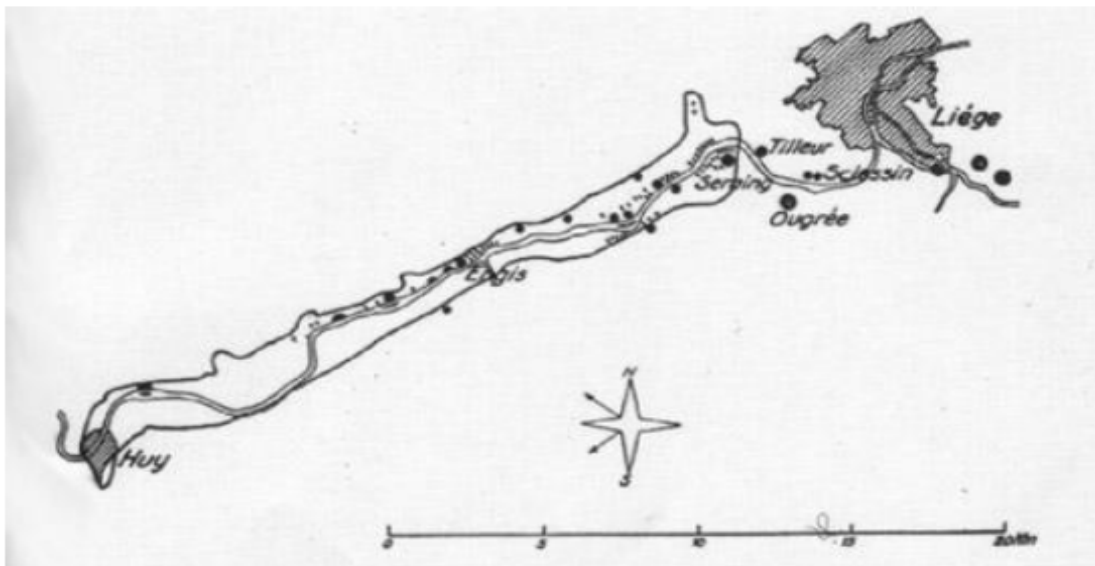
Figura 4: Vale de Meuse, Bélgica - 1930.



FONTE: BARBOSA, 2006.

Segundo Barbosa, (2006), a partir de 3 de dezembro 1930 centenas de pessoas que habitavam os vilarejos do Vale de Meuse passaram a apresentar problemas respiratórios intensos e mais de 60 mortes ocorreram nos dias subsequentes, representando uma taxa de mortalidade 10 vezes maior que a esperada.

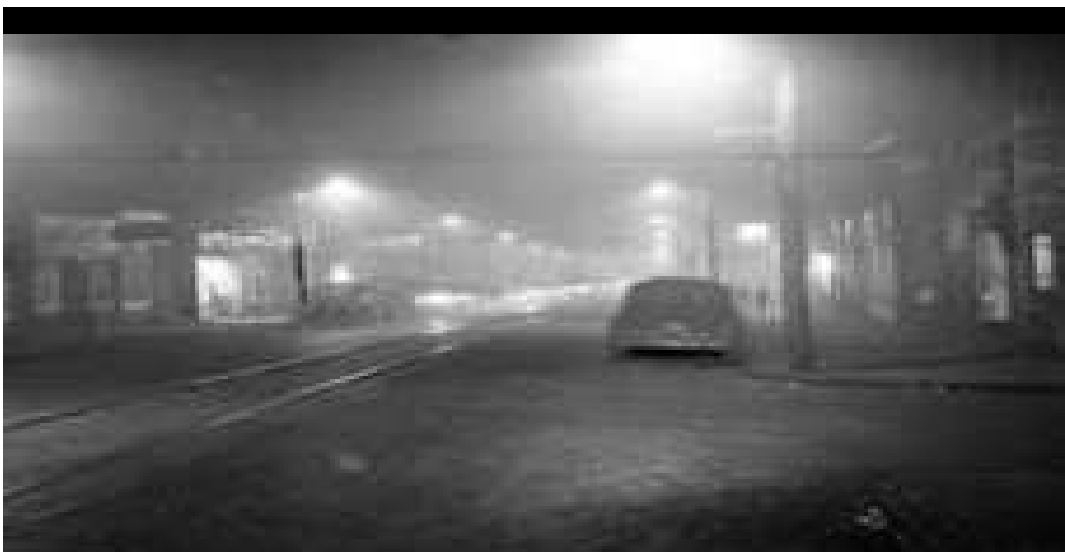
FIGURA 5: Vale de Meuse, Bélgica - 1930.



FONTE: LPAE – Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental

Outro episódio de grandes proporções ocorreu entre os dias 27 a 30 de outubro de 1948 na cidade de Donora, (Figuras 6 e 7) no Estado da Pensilvânia, Estados Unidos, quando uma intensa inversão meteorológica anticiclone encobrindo o vale em que se localiza a cidade, que recebia a poluição atmosférica de metalúrgicas, carvoarias e fornalhas industriais para aço e ferro. (BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010)

Figura 6: Inversão Térmica – Donora, Pensilvânia/EUA.



FONTE: BARBOSA, 2006

Figura 7: Donora e cercanias em 1948.



FONTE: BARBOSA, 2006

A taxa de mortalidade nesse evento foi 6 vezes maior que a esperada para a região de Donora. Morreram no dia 30 de outubro 17 pessoas e outras três faleceram na semana subsequente. Além dos óbitos, houve um aumento da sintomatologia cardiorrespiratória em cerca da metade dos moradores da região. (BARBOSA, 2006)

O terceiro evento ocorreu na cidade mexicana de Poza Rica, em 1950, onde 22 pessoas morreram e 320 foram internadas, após a emissão de gás sulfídrico (H_2S), de uma refinaria de petróleo por um período de 25 minutos, nas quais as condições climáticas se encontravam bem adversas. (SALDIVA, P.H., BRAGA, A.L.F., PEREIRA, L.A., MENEZES, M.R.D.O., 2001)

Em Londres, Inglaterra, entre os dias 5 a 9 de dezembro de 1952, ocorreu um evento semelhante a Donora. O clima era frio em toda a região de Londres e adjacências, e uma confluência de frentes de alta pressão reduziu o movimento do ar para quase zero. (BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010)

A massa estacionada resultou em inversão térmica, ocasionando um súbito aumento no conteúdo particulado do *smog* (Figura 8 e 9) que é a junção de fumaça e neblina. Esse evento perdurou por um período de aproximadamente um dia com aumento nas taxas de mortalidade. (CAVALCANTI, 2010; MISSAGIA, 2012)

Figura 8: Londres, 1952 - Durante o período do Smog.



FONTE: BARBOSA, 2006.

Figura 9: Londres, 1952 – Durante o período do smog.



FONTE: BARBOSA, 2006.

Barbosa (2006), afirma que as doenças que surgiram após esse evento londrino foram: bronquite, enfisema, tuberculose, pneumonia, influenza e degeneração miocárdica. Os números de mortes súbitas foram de 44 na primeira semana, aumentando para 198 na semana seguinte. (BARBOSA, 2006)

Esse evento ocorrido na capital inglesa e adjacências segundo Barbosa (2006), trouxe alta taxa de mortalidade. A autora apresenta na Tabela 1, o número de pessoas que morreram nas semanas anteriores e posteriores ao acidente na cidade de Londres por faixa etária. Na semana que terminou no dia 5 de dezembro de 1952 faleceram 945 pessoas. Nos dias seguintes o número de óbitos foi de 2.484 pessoas.

Nas outras 166 regiões adjacentes da Inglaterra e de Gales, exceto Londres, o número de óbitos ultrapassou 9.000 pessoas nas semanas subsequentes, mostrando que o efeito do aumento da concentração da poluição atmosférica ocorrida foi muito menor em Londres e maior nas regiões mais distantes. (BARBOSA, 2006)

Tabela 1 – Faixa Etária das pessoas que faleceram em Londres em 1952.

IDADE	Período de 7 dias anterior ao evento	Período de 7 dias durante o evento
Todas as idades	945	2484
Menos de 4 semanas	16	28
4 semanas a 1 ano	12	26
1-14 anos	10	13
15-44 anos	61	99
45-64 anos	237	625
65-74 anos	254	717
75 ou mais	355	949

FONTE: BARBOSA, 2006.

A mortalidade em Londres em 1952, atingiu todas as faixas etárias, afetando principalmente os idosos, conforme se observa na Tabela 1. Segundo Barbosa (2006), *“ocorreram 20 óbitos por degeneração miocárdica na primeira semana sendo que 25% das pessoas que morreram apresentavam concomitantemente alguma doença respiratória”*. Nas semanas seguintes, as

mortes com degeneração miocárdica aumentaram para 53, dos quais 43% vítimas sofriam alguma doença respiratória associada. (BARBOSA, 2006)

Resende (2007) afirma que a demanda mundial por diferentes fontes de energia em 1990 era quatro vezes maior que em 1950. Este autor afirma que *“pela primeira vez na história humana a atividade econômica é tão extensiva que produz mudanças ambientais em escala global”*. Cada vez mais fica evidente que o fator limitativo do desenvolvimento do século XXI será o enfraquecimento dos serviços prestados pelos ecossistemas vitais (RESENDE 2007).

Barbosa (2006) apresenta uma lista de sete fatores em comum que estava presente nos três acidentes ocorridos no Vale de Meuse, na Bélgica; em Donora, Pensilvânia – EUA e Londres, Inglaterra, conforme descrição a seguir:

1. Os incidentes aconteceram em locais com o ar densamente poluído por combustão de carvão para aquecimento;
2. Centrais de produção de energia elétrica nas regiões;
3. Altas concentrações de material particulado;
4. Aumento da concentração de Óxidos sulfúricos.
5. Condições desfavoráveis para dispersão dos poluentes mantendo estacionada as nuvens de poluição por um período de 4 a 5 dias sobre as regiões.
6. Crescente número de doentes decorrentes do aumento da poluição.
7. Incremento na mortalidade e morbidade principalmente de idosos e quase exclusivamente por doenças respiratórias e cardiovasculares

Outra questão que precisa ser considerada, é o contínuo crescimento populacional em todo o mundo. Quanto maior o número de pessoas, mais necessidades de moradias, alimentação, transporte, educação, saúde, enfim, do suprimento básico para a sobrevivência humana, vão surgindo, sobrecarregando o planeta cada dia mais.

Resende (2007) afirma que a população global cresceu entre 1950 e 2000, cerca de 3 bilhões de habitantes para aproximadamente 6 bilhões de habitante. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE), baseado em informações do Fundo nas Nações Unidas, a população mundial, deverá chegar a 9,3 bilhões em 2050.

Esse crescimento deverá ocorrer, principalmente, nos países em desenvolvimento, que concentrarão, cerca de 85% da população mundial. Enquanto a população diminuirá em 39 países com baixa fecundidade, concentrados, sobretudo no Leste Europeu, os 49 países menos desenvolvidos quase triplicarão de tamanho, ao passarem de 668 milhões para 1,8 bilhão de habitantes. (IBGE, 2011)

Estudiosos como Castro, Araújo & Silva (2012) e Machado et al (2015) afirmam que campanhas envolvendo o controle da qualidade do ar nas pequenas, médias e grandes cidades vêm crescendo, e muitos deles têm o foco no monitoramento de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e os isômeros do Xileno (BTEX's) ou de compostos orgânicos voláteis.

Segundo Machado M.M. et al (2015), a exposição humana a esses compostos, dependendo da *“concentração e do tempo de exposição, pode causar sérios riscos à saúde, indo desde a fadiga, irritação no nariz, olhos e garganta, fraqueza, confusão mental, convulsões e até mesmo o coma e a morte”*. Daí a importância em controlar de forma mais eficaz os mais diversos tipos de poluentes ambientais que contaminam a água, o ar, o solo e a atmosfera, com prejuízo principalmente para a saúde humana.

Questões ambientais exigem cada vez mais maior atuação da engenharia de tráfego com medidas de contenção da poluição atmosférica urbana, uma vez que estas envolvem diretamente o tráfego e o cotidiano das pessoas em seus deslocamentos. Segundo a CET (2005), o baixo investimento nos transportes coletivos e de massa, além de provocar um aumento significativo no uso de transportes individuais, sobrecarrega os meios públicos, existentes causando a queda na qualidade dos serviços coletivos.

1.1.1 Poluição do ar e Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) em idosos.

Como mencionado anteriormente, a combustão de óleo diesel e gasolina nos veículos automotores produz uma variedade de gases, como o

monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (HC), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂) e aldeídos, entre outros, gerando inúmeros prejuízos para a saúde de toda a população a nível mundial.

Os efeitos agudos da poluição atmosférica segundo Cavalcanti (2010) incluem mudanças na função pulmonar, na Frequência Cardíaca, na Pressão Arterial e estímulo inflamatório com repercussões clínicas como os sintomas respiratórios, trombozes, IAM, arritmias, Acidente Vascular Cerebral (AVC) e até a morte, conseqüentemente a essas alterações há um aumento da utilização dos serviços de saúde em busca de tratamento para esses efeitos.

As doenças cardiovasculares, entre elas o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) estão entre as principais causas de morte e morbidade por todo o mundo. Como atingem predominantemente adultos e idosos, a Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) tem focado a importância de discussões e pesquisas relacionadas a essa temática. (SOARES, M., LAGE, J.G., GENTIL, P.H.A, CARVALHINHO, F. S.d; NEGRETE et al, 2010).

Nos Estados Unidos da América (EUA), estudos realizados têm demonstrado associações entre as variações diárias na poluição do ar e os problemas de Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), com base nas admissões hospitalares (EVO et al, 2011). Essas alterações ocorrem, principalmente, no controle do sistema nervoso cardíaco, podendo levar a arritmias; também, a viscosidade do sangue e os níveis de colesterol se elevam em altas temperaturas, enquanto a pressão arterial e o fibrinogênio aumentam em baixas temperaturas (EVO et al, 2011).

É fato que a população de indivíduos com mais de 65 anos vem aumentando no Brasil e no mundo. Segundo dados do Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011) a expectativa de vida do brasileiro hoje está em 72 anos. Em 1980, pessoas com 60 anos ou mais de idade perfaziam 6,1% da população, em 2000 eram 8,6%, e a projeção para 2050 é de 29,8%.

A taxa de crescimento será mais acentuada ainda para os idosos mais velhos. A incidência de doenças cardiovasculares aumenta dramaticamente com o envelhecimento e representa importante causa de morbidade, mortalidade e pior qualidade de vida em idosos. (FREITAS, 2011)

De acordo com Wajngarten (2010), o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) é considerado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) a primeira causa

isolada de morte no mundo e este índice tende a aumentar em cerca de 50% nos próximos 20 anos. Apesar da importância desta patologia nos idosos, faltam grandes estudos direcionados a esta população.

O Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) é a maior responsável pelo óbito de americanos. Uma em cada três mortes, e, as condições de poluição do ar contribui diretamente para o problema. Os níveis de poluição do ar em todos os EUA, em particular nas cidades, são periodicamente alto o suficiente para provocar potencialmente problemas cardíacos fatais (AHA, 2014).

De acordo com Negrete et al (2010), os efeitos adversos dos poluentes sobre o sistema cardiovascular podem ocorrer por três vias:

- Diretamente, através da ação dos poluentes sobre vasos e musculatura miocárdica;
- Através de processo inflamatório sistêmico secundário ao originado nos pulmões, e
- Por ação no sistema nervoso.

Portanto, diferentes desfechos podem ser desencadeados pela exposição aos poluentes do ar. Crises de angina, Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), quadros tromboembólicos, arritmias, descompensação de pacientes com insuficiência cardíaca congestiva e outras alterações. A maioria desses efeitos adversos são maiores entre os mais idosos. (NEGRETE et al, 2010)

Bellasi (2007), afirma que as mulheres apresentam diferentes fatores de risco e mecanismos do desenvolvimento do IAM quando comparadas com os homens. Tal fato se dá por receberem menos atenção durante o diagnóstico e conseqüentemente, tratamento adequado, devido à apresentação atípica.

Para Bellasi (2007), uma investigação mais detalhada é necessária para esclarecer e identificar as mulheres em risco de IAM. Este autor sugere estratégias que envolvem medição de níveis hormonais de estrogênio e testosterona, as concentrações séricas de cálcio coronário e carga aterosclerótica, reatividade vascular e capacidade funcional. Recomenda ainda exame de ecografia de estresse e de fótons de emissão de tomografia computadorizada, uma vez que o Teste ergométrico é pouco eficaz nas mulheres e mais preciso entre os homens.

O Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) é a principal causa de morte e incapacidade nas mulheres nos países ocidentais, responsável por aproximadamente 250 mil mortes de mulheres anualmente. Tal fato parece se dá porque as mulheres iniciam a doença cerca de dez anos mais tarde do que os homens, entretanto, essa prevalência aumenta significativamente após a menopausa, aproximando-se dos homens na sétima década de vida, (BELLASI, 2007).

No Brasil, estudos sobre os efeitos da poluição do ar sobre o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) tem se concentrado em sua maioria na cidade de São Paulo. Estudos de séries temporais mostraram que aumentos nas concentrações de poluentes levam a um aumento das internações por IAM. Esses efeitos podem sofrer modificações por características como o gênero, com crescente desfecho sobre as mulheres, ou ainda pela presença de doenças como diabetes mellitus. (MARTINS, 2006; GOUVEIA et al 2003, NEGRETE et al, 2010)

Embora este estudo tenha priorizado avaliar a correlação da poluição do ar e o IAM em idosos, é importante e oportuno ressaltar que diversas pesquisas identificaram aumentos na concentração de poluentes que induzem a alteração na pressão arterial de controladores de tráfego da cidade de São Paulo, saudáveis com idade entre 31 e 55 anos. (SANTOS et al, 2005; NEGRETE et al, 2010)

Estudo realizado em Itabira, Minas Gerais, cidade onde a principal fonte de poluição é a mineração de ferro a céu aberto associada a emissões veiculares, houve aumento no número de atendimentos de emergência por IAM nos dias mais poluídos. Esses efeitos foram mais significativos entre adultos na faixa etária entre 45 a 64 anos. (NEGRETE et al 2010)

Verificou-se em Itabira, que a cada acréscimo de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , havia um incremento de 4,5% nas internações por Infarto Agudo do Miocárdio entre adultos com idade entre 45 e 64 anos. Na cidade de São Paulo, onde registrou-se um aumento na emissão de PM_{10} , esteve relacionado um acréscimo entre 1 a 1,5% nas internações por IAM em idosos. De todos os poluentes, a exposição aguda a altas concentrações de PM, tem sido associados as internações por IAM. (EVO et al, 2011)

Os idosos representam uma parcela expressiva dos pacientes que procuram atendimento cardiológico e suas características precisam ser bem conhecidas, principalmente porque os efeitos do envelhecimento sobre o aparelho cardiovascular alteram os conceitos de normalidade atribuídos à população mais jovem. O envelhecimento produz progressivas alterações cardíacas estruturais e funcionais. Desse modo torna-se importante para a prática clínica o conhecimento das peculiaridades das doenças cardiovasculares nos idosos. (WAJNGARTEN, 2010)

Para Wajngarten (2010), o envelhecimento exerce quatro influências básicas sobre as doenças cardiovasculares: aumenta a vulnerabilidade, promove comportamentos heterogêneos e peculiares, impõe avaliação diferenciada e recomenda intervenções individualizadas. Para este autor, a vulnerabilidade imposta pelo envelhecimento é social, biológica e psicológica. O envelhecimento é o principal fator de risco para as doenças cardiovasculares pelas próprias alterações anátomo-funcionais.

O enrijecimento arterial é um processo próprio do envelhecimento, decorrente do desgaste imposto ao longo dos anos levando à ruptura das fibras de elastina na parede das artérias e sua substituição por colágeno menos distensível, o que resulta na redução da complacência arterial e aumento da velocidade de propagação das ondas de pressão, que, por sua vez, gera um retorno mais precoce das ondas refletidas da periferia à raiz da aorta (WAJNGARTEN, 2010).

Ainda, de acordo com o autor, esse retorno precoce venoso durante a sístole, leva à amplificação da PAS (Pressão Arterial Sistólica), responsável pelo aparecimento de HAS (Hipertensão Arterial Sistêmica), Hipertrofia Ventricular Esquerda (HVE) e aumento atrial. Consequentemente, o coração do idoso tem comprometimento da adaptação às situações de sobrecarga.

Deve-se destacar que a análise dos efeitos da poluição do ar no Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) não despreza outros fatores de risco, como colesterol alto, diabetes, tabagismo e falta de atividade física. Ou seja, ainda que os poluentes do ar na cidade de São Paulo e Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) comprovadamente causem grande efeitos sobre a saúde dos idosos, não devemos toma-los como causa única e sim relaciona-los como um

fator coadjuvante importante nas doenças cardiovasculares, especialmente no IAM, conforme afirma Martins (2004) e Martins et al (2006).

De acordo com Pesaro et al (2004), o infarto do miocárdio significa basicamente a morte de cardiomiócitos causada por isquemia prolongada. Em geral, essa isquemia é causada por trombose e/ou vaso espasmo sobre uma placa aterosclerótica.

Segundo Pesaro et al (2004), o processo migra do subendocárdico para o subepicárdio. A maior parte dos eventos é causada por rotura súbita e formação de trombo sobre placas vulneráveis, inflamadas, ricas em lipídios e com capa fibrosa delgada. Uma porção menor está associada à erosão da placa aterosclerótica. Existe um padrão dinâmico de trombose e trombólise simultaneamente, associadas a vaso espasmo, o que pode causar obstrução do fluxo intermitente e embolização distal (um dos mecanismos responsáveis pela falência da reperfusão tecidual apesar da obtenção de fluxo na artéria acometida).

1.1.2 Poluição do ar na cidade de São Paulo

O estado de São Paulo, o mais industrializado do país sofre, em muitas regiões, o problema da poluição do ar enfrenta em sua totalidade, uma situação particularmente preocupante por deter cerca de 40% da frota automotiva do país.

Segundo a CETESB (2012), os veículos despejam todo ano 1,7 milhão de toneladas de substâncias nocivas na atmosfera e são a principal fonte de poluição do ar somente na capital paulista.

Segundo dados do DETRAN - SP (2015), a frota motorizada no estado, em março de 2007, era de aproximadamente 16,9 milhões de veículos, sendo que a frota motorizada somente na capital paulista em março de 2011, já era de aproximadamente 6.973.958 milhões de veículos, entre carros, ônibus, motos e caminhões.

Somente a frota da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) representava naquela oportunidade cerca de 8,5 milhões de veículos, sendo

que a frota de veículos do ciclo Diesel (caminhões, ônibus, micro-ônibus, caminhonetes e vans), no Estado de São Paulo, era composta por 1.077 mil veículos e na RMSP por 457,6 mil veículos, em 2011. (DETRAN, 2015)

A região do ABCDMR, por exemplo, constituída pelas cidades de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, e Ribeirão Pires somavam, em 2010, uma população de 2,5 milhões de habitantes. Essa região abriga seis indústrias automotivas e inúmeras metalúrgicas e um polo petroquímico, (NEGRETE et al, 2010).

Em números, as empresas da região do ABC representam 46,4% da produção de veículos do estado de São Paulo, 12% do refino de petróleo e álcool, 12,4% das indústrias químicas, 20,7% da produção de borracha e plástico, 11,5% da metalurgia básica, 11,6% dos produtos de metal, 5,2% dos equipamentos de informática e 5,4% da produção de material elétrico, (CARMO, A.T., PRADO, R.T., 1999; NEGRETE et al, 2010).

De acordo com Negrete (2010), até essa data não havia estudos publicados sobre os efeitos adversos da poluição atmosférica na saúde dos moradores dessa região impedindo, assim, uma avaliação adequada dos aspectos desse relevante problema para a saúde pública.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a projeção populacional para o município de São Paulo no ano de 2014 foi de 11.895.893 habitantes (IBGE, 2011). O município possui uma área de unidade territorial de 1.521,101 Km², e uma densidade demográfica de 7.398,26 (Km/Km²).

No início da década de 2000, Braga et al, 2001, afirmavam que, na cidade de São Paulo, mudar o cenário atual significará desacelerar a política de privilégios para o transporte individual e dedicar empenho pessoal e financeiro na implementação de um sistema de transporte público moderno, limpo e eficiente que consiga interligar as diversas regiões da cidade, de forma rápida e barata.

Em tempos atuais, o número de veículos na Região Metropolitana do Município de São Paulo (RMSP) tem crescido assustadoramente. No ano de

2008 saltou para 9,2 milhões de automóveis, o que representava 1/5 da frota do Brasil. Dados do Detran – SP (2015) apresenta uma estatística de veículos novos, de transferências e por tipo de veículos para os três primeiros meses desde ano, como se observa na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2: Frota de veículos na cidade de São Paulo, por tipo de veículo – primeiro trimestre de 2015.

Março 2015								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.052.275	941.363	5.676.291	45.574	154.217	83.766	7.195	7.960.681
Estado	5.166.834	3.025.248	17.150.642	157.482	848.346	508.335	123.158	26.980.045

Fevereiro 2015								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.047.673	935.848	5.658.687	45.523	153.624	83.582	7.186	7.932.123
Estado	5.146.708	3.010.009	17.099.368	157.187	847.218	506.117	123.110	26.889.717

Janeiro 2015								
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Capital	1.044.335	931.699	5.647.238	45.523	153.330	83.410	7.160	7.912.695
Estado	5.131.832	2.998.280	17.060.638	156.845	846.571	504.399	123.061	26.821.626

LEGENDA:

Coluna 1: Ciclomotor, motoneta, motocicleta, triciclo e quadriciclo.

Coluna 2: Micro-ônibus, camioneta, caminhonete e utilitário.

Coluna 3: Automóvel.

Coluna 4: Ônibus.

Coluna 5: Caminhão.

Coluna 6: Reboque e semirreboque.

Coluna 7: Outros (caminhão-trator, trator de rodas, trator de esteiras, trator misto, chassi/plataforma, sidecar, motor-casa).

FONTE: Detran – SP.

A emissão anual, de origem automotiva, é de 1,56 milhões de toneladas de monóxido de carbono (CO), 367 mil toneladas de óxidos de nitrogênio (NO_x), e 62,3 mil toneladas de material particulado, o que corresponde a 90% da poluição do ar emitida em São Paulo, de acordo com a CETESB (2012).

De acordo com a CETESB (2012), essa emissão é composta de gases como: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC), óxidos de enxofre (SO_x), material particulado (MP), etc. O monóxido de carbono (CO) é uma substância inodora, insípida e incolor, atuando no sangue reduzindo sua oxigenação. Os óxidos de nitrogênio (NO_x) são uma

combinação de nitrogênio e oxigênio que se formam em razão da alta temperatura na câmara de combustão - participando na formação de dióxido de nitrogênio e na formação do "smog" fotoquímico. (BARBOSA, 2006)

Os hidrocarbonetos (HC) são combustíveis não queimados ou parcialmente queimados, expelidos pelo motor, sendo que alguns tipos de hidrocarbonetos reagem na atmosfera quando se associam com a neblina, promovendo, assim, a formação do "smog" fotoquímico. A fuligem (partículas sólidas e líquidas), sob a denominação geral de material particulado (MP), devido ao seu pequeno tamanho, mantém-se suspensa na atmosfera e pode penetrar nas defesas do organismo, atingir os alvéolos pulmonares e ocasionar mal estar, irritação dos olhos, garganta, problemas de pele, dor de cabeça, enjoo, bronquite, asma, câncer de pulmão, doenças cardiorrespiratórias em geral. (BARBOSA, 2006)

Outro fator a ser considerado é que essas emissões causam grande incômodo aos pedestres próximos às vias de tráfego. No caso da fuligem (fumaça preta), a coloração intensa e o profundo mau cheiro desta emissão causa de imediato uma atitude de repulsa e pode ainda ocasionar diminuição da segurança e aumento de acidentes de trânsito pela redução da visibilidade (CETESB, 2008).

Atualmente, na cidade de São Paulo, o problema da poluição do ar continua se constituindo numa das mais graves ameaças à qualidade de vida de seus habitantes. As emissões causadas por veículos carregam diversas substâncias tóxicas que, em contato com o sistema respiratório e cardiovascular, podem produzir vários efeitos negativos sobre a saúde, principalmente o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM). (DETRAN – SP, 2014)

De acordo com o Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo (DETRAN - SP, 2014), no ano de 2013, São Paulo teve o maior crescimento de sua frota de automóveis da sua história, são 5.445.562 carros circulando na Região Metropolitana, o que aponta para uma média de um carro para cada duas pessoas. Também, de acordo com o DETRAN - SP (2014), entre carros, motos, caminhões e ônibus são cerca de 7,6 milhões.

1. 2. Poluentes Atmosféricos.

Do ponto de vista do conceito, poluentes do ar são misturas heterogêneas de substâncias que incluem diferentes tipos de partículas e gases, tendo como origens principais as indústrias, os veículos automotivos, termoelétricas, queima de biomassa e combustíveis fósseis. Podem ser classificados em primários, ao serem emitidos diretamente para a atmosfera e secundários, quando resultantes de reações químicas entre os poluentes primários. (ARBEX et al, 2012; SANTOS et al, 2005; OLIVEIRA, 2014).

Os Componentes Orgânicos Voláteis (COV's) são compostos químicos presentes em diversos tipos de materiais. Possuem alta pressão de vapor e se transformam em gás quando entram em contato com a atmosfera, como as substâncias Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos (BTEX's), resultantes da evaporação/combustão dos combustíveis fósseis. (MACHADO et al, 2015)

Machado et al (2015) afirma que os BTEX's quando presentes em áreas urbanas, constituem um dos principais problemas para a qualidade de vida humana, não só pela sua contribuição significativa na formação de oxidantes, como ozônio e nitrato peroxiacetilo (PAN), mas também por seus efeitos adversos sobre a saúde humana. (CASTRO, ARAÚJO & SILVA, 2012; MACHADO et al, 2015)

Segundo Machado et al (2015), os COV's podem apresentar riscos de periculosidade e de poluição do ar, além de contribuir para o aquecimento global, uma vez que diminuem o ozônio estratosférico formando o ozônio troposférico, com destaque para os compostos BTEX's.

Segundo Machado et al (2015) e Santos et al (2005), tanto os Componentes Orgânicos Voláteis (COV's) como os BTEX's, são encontrados em solventes orgânicos usados em escalas industriais, decorrente de sua volatilidade, sendo em muitos processos emitidos, direta ou indiretamente, na atmosfera, depois de passarem por transformações físicas e/ou químicas. Assim, nesse contexto, estimativas globais indicam que aproximadamente 1,8 bilhões de toneladas de Componentes Orgânicos Voláteis (COV's) são emitidas anualmente na atmosfera. (MACHADO et al, 2015; SANTOS et al, 2005)

Os principais constituintes do ar poluído são o material particulado (MP), ozônio (O₃), dióxido de enxofre (SO₂), e aerossóis ácidos, monóxido de carbono (CO) e os óxidos de nitrogênio (NO_x), (CANÇADO et al, 2006, NEGRETE et al, 2010; OLIVEIRA, 2014; SANTOS et al, 2005).

1.2.1 Material Particulado (MP).

De acordo com CANÇADO et al (2006), o Material Particulado (MP) é também chamado de aerodispersóide e constitui-se numa mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, de número, tamanho, formato, área de superfície e composição química variada, dependendo do local de sua produção e fonte de emissão.

Alguns componentes da mistura MP são mais tóxicos do que outros, exigindo assim, esforços mais concentrados para o seu controle. (CARMO & PRADO, 1999; SANTOS et al, 2005; OLIVEIRA, 2014)

De acordo com Carmo e Prado (1999), Santos et al (2005), comumente é utilizada a nomenclatura de PM_{2,5}, material particulado menores que 2,5µm de diâmetro aerodinâmico, PM₁₀, material particulado menores de 10µm de diâmetro aerodinâmico, PTS, partículas totais em suspensão e PS, partículas sedimentáveis para abordar uma determinada faixa de diâmetro das partículas.

Nos EUA, por exemplo, a fim de controlar melhor a emissão de poluentes atmosféricos, foi criada em 1970, foi criada a Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), que tem, entre suas atribuições especiais, a definição dos padrões de qualidade do ar no nível nacional, assim como de gestão da qualidade do ar, acompanhamento das políticas estaduais, elaboração de estudos, coleta e sistematização de dados, definição de diretrizes e regras de atendimento mínimo, etc. (OLIVEIRA, 2014; MARTINS, 2004; SANTOS et al, 2010)

Tais atribuições ganharam reforço com a aprovação, logo em seguida, pelo Congresso dos EUA, da Política Nacional de Ar Limpo, o “Clean Air Act” (CAA), marcando o começo de esforços para o controle da poluição do ar nos EUA (EPA, 2012). Sob a égide do “Clean Air Act” (CAA), foram aprovados, em

1971, os padrões nacionais de qualidade do ar. Atualmente, a legislação federal dos EUA estabelece padrões de qualidade do ar para CO, chumbo, NO₂, O₃, MP₁₀, MP_{2,5} e SO₂. (EPA, 2012)

A Agência ambiental americana afirma que o tamanho da partícula é o principal fator para caracterizá-la, tanto sob a ótica das suas propriedades quanto do seu comportamento aerodinâmico. (EPA, 2012)

Ainda de acordo com o órgão americano, o MP em suspensão (MPS) na atmosfera é constituído por partículas sólidas e líquidas que são transportadas no meio aéreo, e possuem diâmetros aerodinâmicos menores que 0,01µm até diâmetros superiores a 100µm. (EPA, 2012)

O PM pode ser classificado de algumas formas em: Partículas Totais em Suspensão (PTS), as quais possuem até 30 µm de diâmetro; Partículas Inaláveis (PM₁₀), as quais possuem até 10 µm de diâmetro; Partículas Inaláveis Finas (PM_{2,5}), as quais possuem até 2,5 µm de diâmetro; e, Partículas Inaláveis Ultrafinas (PM_{0,1}), possuindo diâmetro menor que 10µm. (ARBEX et al 2012)

Mesmo nos países desenvolvidos onde o controle ambiental é mais rigoroso, nem sempre é mais efetivo. Estudos (BRAGA et al, 2001; BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010) mostram que Materiais Particulados como PM₁₀ e PM_{2,5} a medida que vão sendo inalados pelo trato respiratório, podem causar desde irritação dos olhos, afecções pulmonares, doenças respiratórias, interferir nas trocas gasosas, desencadear degeneração miocárdica entre outros prejuízos para a saúde humana.

1.2.1.1 Partículas Totais em Suspensão (PTS)

Segundo a American Heart Association (AHA, 2014), o ar que respiramos não deveria representar uma séria ameaça para a saúde pública. A poluição do ar contém minúsculas partículas e gases invisíveis, provenientes de fontes como usinas de energia e as emissões dos veículos, incêndios, incluindo até mesmo a poeira trazida pelo vento. Estas partículas e gases pode causar uma variedade de problemas de saúde, incluindo doenças

cardiovasculares agudas e crônicas. (OLIVEIRA, 2014; MARTINS, 2004; SANTOS, et al, 2005).

O tamanho da partícula é o principal fator para caracterizá-la, tanto sob a ótica das suas propriedades quanto do seu comportamento aerodinâmico determinando assim, até onde uma partícula pode chegar ao organismo vivo, ou mais especificamente, ao organismo humano e causar-lhe dano (CARMO, A.T., PRADO, R.T., 1999; EPA, 2012).

Nessas Partículas Totais em Suspensão (PTS) o diâmetro é menor que $50\mu\text{m}$, chegando a $30\mu\text{m}$, e sendo partes dessas partículas inaláveis podem causar danos à saúde, além de interferirem nas condições do ambiente desfavorecendo a vida da população e causando prejuízos à comunidade em geral. (CETESB, 2012)

Segundo a American Heart Association (AHA, 2014), o material particulado, ou PM, é uma fonte significativa de poluição do ar prejudiciais coração. PM é uma combinação de partículas pequenas e as gotículas de líquido que contêm ingredientes tais como ácidos, produtos químicos, metais e matéria orgânica.

De grande preocupação é a matéria em partículas finas, também conhecido como $\text{PM}_{2,5}$, pois são menores do que $2,5\mu\text{m}$ em diâmetro. Por ser tão pequeno, quando inalado, pode chegar aos pulmões, levando a uma ampla gama de problemas de saúde. Estes tipos de $\text{PM}_{2,5}$ são gerados a partir de materiais de queima, como o carvão, óleo, diesel, e gasolina, e de processos industriais de alta temperatura como usinas siderúrgicas e de energia. (AHA, 2014)

1.2.1.2 Partículas Inaláveis (MP10)

Apresentam diâmetro aerodinâmico menor que $10\mu\text{m}$, e transportam gases adsorvidos em sua superfície e dependendo do seu tamanho (entre 0 e $10\mu\text{m}$), podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou adentrar mais profundamente e chegar aos alvéolos pulmonares (CETESB, 2012, CANÇADO et al, 2006; NEGRETE et al, 2010; SANTOS, et al, 2005).

Brook (2004) afirma que o PM_{10} ao ser inalado, pode gerar um processo inflamatório sistêmico, agravando as condições crônicas respiratórias para quem as possui, mas também promovendo o aparecimento de episódios agudos em subgrupos vulneráveis, aumentando, assim, os eventos de morbidade e mortalidade.

Estudos realizados por Martins et al (2006), Wang, Eliot, Wellenius (2014) confirmam que o PM_{10} está associado com um aumento de 1,4% (IC de 95% 0,9% a 1,9%) de mortalidade total por doenças cerebrovasculares (isquemias ou hemorragias cerebrais). Entretanto, as evidências foram inconsistentes para associações nas internações hospitalares por essas patologias, ou seja, observa-se uma tendência para mortalidade maior que para as internações hospitalares.

A exposição prolongada aumenta ainda mais o risco de mortalidade cardiovascular diminuindo assim, a expectativa de vida dos cidadãos daquele país. Na Europa, um estudo mostrou um aumento de 21% na incidência de doenças fatais e não fatais do sistema cardiovascular, após aumento de $10mg/m^3$ de PM_{10} . (AHA, 2014; NEWBY, 2014)

1.2.1.3 Partículas Inaláveis Finas (MP 2,5)

Possuem um diâmetro aerodinâmico menor que $2,5\mu m$. Com o seu minúsculo tamanho, adentra no sistema respiratório e chega ao sistema cardiovascular através dos alvéolos pulmonares e corrente sanguínea (CETESB, 2012). Essas partículas podem permanecer na atmosfera por longos períodos de tempo, viajando por centenas ou mesmo milhares de quilômetros de sua fonte. (AHA, 2014)

Segundo a American Heart Association (AHA, 2014), a exposição ao $PM_{2,5}$ é de particular preocupação para os indivíduos que já possuem um risco de Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) ou de suas complicações, como os idosos ou aqueles com uma condição cardíaca preexistente.

Em populações mais vulneráveis, a exposição a esses poluentes mesmo por algumas horas ou dias, pode desencadear doenças relacionadas

com mortes por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), Acidente Vascular Cerebral (AVC), arritmia, parada cardíaca súbita e insuficiência cardíaca. (AHA, 2014)

Nos Estados Unidos os aumentos de curto prazo nos níveis de $PM_{2,5}$ levam à morte prematura milhares de americanos a cada ano. A exposição prolongada ao $PM_{2,5}$ em cerca de $5mg/m^3$, em 13% o risco de eventos coronarianos. (AHA, 2014; NEWBY, 2014)

Para a associação americana, reduzir a exposição das partículas finas pode diminuir o risco de eventos cardiovasculares em poucos anos é imprescindível. Um estudo em grande escala naquele país descobriu que a redução dessas partículas no ar por um período de duas décadas foi associada ao aumento da expectativa de vida, mesmo após o controle de variáveis como a demografia, situação socioeconômica, e exposição ao tabagismo. (AHA, 2014)

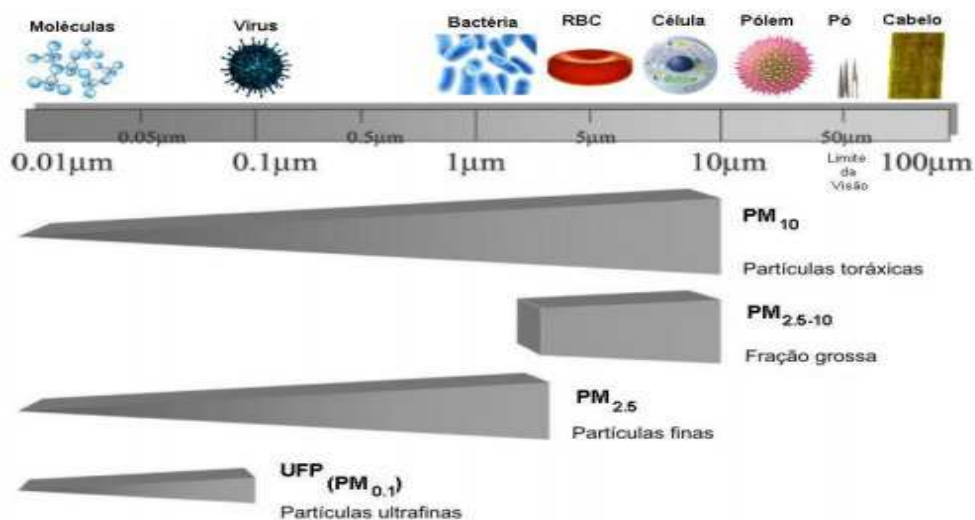
1.2.1.4 Partículas Inaláveis Ultrafinas ($PM_{0,1}$)

São partículas com diâmetro aerodinâmico menor que $0,1 \mu m$, vistas como muito preocupantes para a saúde humana, pois devido ao seu tamanho (de $0,05$ a $0,1 \mu m$), é facilmente inalada e absorvida nas proporções mais profundas das vias respiratórias, apresentando propriedades que podem torná-las particularmente tóxicas. (CASTRO, ARAÚJO & SILVA, 2012)

Segundo Barbosa (2006), as partículas ultrafinas ou $PM_{0,1}$ são mensuradas como concentração numérica. Existe evidências toxicológicas importantes para estas partículas, entretanto, estas não permitem que haja uma conclusão epidemiológica sobre a relação entre a exposição e a resposta entre as partículas ultrafinas sobre a saúde humana.

A figura 10 apresenta a comparação pelo tamanho de Materiais Particulados e materiais orgânicos.

Figura 10 – Distribuição do Material Particulado (MP), por tamanho.



FONTE: Inspirado e traduzido de Brook (2007). RBC – Red Blood Cell (Glóbulos Vermelhos)

1.2.2 Óxido de Nitrogênio (NO_x) e Dióxido de Nitrogênio (NO₂)

Esses gases são emitidos durante a combustão, sendo os veículos automotores suas principais fontes produtoras nas grandes cidades (CETESB, 2012). Eles contribuem bastante para formação da chuva ácida. Especialmente o NO_x pode ser considerado um indicador de emissão de poluentes automotivos, pois está presente nos carros movidos à gasolina, álcool e a diesel. (SALDIVA, BRAGA, PEREIRA, 2002)

Depois de liberado na atmosfera, assim que ele entra em contato com a luz solar, o NO_x transforma-se em NO₂ e acaba sendo importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O₃) (CETESB, 2012). Em algumas estações do ano, esse poluente apresenta níveis mais altos, outono e inverno, por exemplo.

O NO₂ está associado a diversos efeitos nocivos à saúde, com destaque para os problemas respiratórios como tosse seca, garganta irritada, dificuldade de respiração, ardor nos olhos, nariz e garganta, problemas sérios

de asma, inflamação das vias aéreas e, em casos mais graves, séria redução da função pulmonar. (CETESB, RELATÓRIO DE QUALIDADE DO AR, 2012)

Portanto, a degradação da qualidade do ar representa um importante fator de ameaça à saúde humana, especialmente nos centros urbanos, tendo sido associada ao agravamento de doenças respiratórias, cardiovasculares e neurológicas, especialmente em crianças e idosos.

Além do Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), há vários estudos que indicam uma correlação entre a exposição a determinados poluentes atmosféricos e a ocorrência de alguns tipos de câncer. (PEREIRA et al., 2008, GOUVEIA et al, 2003; NEGRETE, 2010; EVO et al, 2011)

Há que se relatar ainda que os impactos da poluição atmosférica sobre os ecossistemas também merecem atenção. A deposição dos poluentes atmosféricos nas plantas pode levar à redução da sua capacidade de fotossíntese, provocando, por exemplo, queda da produtividade agrícola. A acidificação das águas da chuva e da poeira, contaminando os recursos hídricos, os biomas aquáticos e o solo, também são uma consequência da introdução antrópica dos poluentes na atmosfera. (CETESB, RELATÓRIO DE QUALIDADE DO AR, 2012)

1.2.2 Dióxido de Enxofre (SO₂) e Aerossóis Ácidos

O SO₂ (Dióxido de Enxofre) é um poluente que resulta da combustão de elementos fósseis, como carvão e petróleo, tendo como fontes principais os automóveis e as termoelétricas. Quando lançado na atmosfera, esse poluente pode ser transportado para regiões distantes primárias de emissão, o que aumenta sua área de atuação (CANÇADO et al, 2006; NEGRETE et al, 2010).

Durante a realização de atividades físicas, há um aumento da função alveolar nos pulmões. Uma pessoa exposta ao SO₂ durante exercícios físicos, pode inalar esse poluente e o mesmo chega as regiões mais distantes dos pulmões prejudicando alvéolos pulmonares e mucosas, podendo levar a diminuição da capacidade da expansão pulmonar, aumento dos riscos para as

infecções respiratórias e sangramentos das vias aéreas, em casos extremos. (CANÇADO et al, 2006; KUMAR, 2005)

Os aerossóis mais importantes são o sulfato (SO_4^-), o bissulfato (HSO_4), e o ácido sulfúrico (H_2SO_4), os quais se encontram dissolvidos nas gotas de água presentes na atmosfera, causando a inflamação do trato respiratório por apresentarem um pH baixíssimo ($\text{pH} < 1$) (CANÇADO et al, 2006; NEGRETE, et al, 2010). Podem ainda causar o aumento dos sintomas respiratórios, da mortalidade e hospitalizações e o decréscimo da função pulmonar, de acordo com Kumar (2005).

1.2.3 Ozônio (O₃) e Oxidantes Fotoquímicos.

O O₃ é um gás levemente azulado, composto de três átomos de oxigênio, que se forma quando poluentes como vapores de hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e monóxido de carbono passam por uma reação química na presença de calor e luz solar. Permanece na atmosfera por um longo período, tempo suficiente para atravessar continentes, apresentando um elevado potencial de oxidação (2,07 mV), quando comparado com outros agentes oxidantes. (GUZEL-SEYDIM, Z.B., GREENE, A.K.; SEYDIM, A.C., 2004; AHA, 2014)

Segundo a American Heart Association (AHA, 2014), o Ozônio reage com tecidos do corpo humano podendo causar inflamações e alterações no ritmo cardíaco em apenas algumas horas, além de alterações cardiovasculares e Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) súbito em populações sensíveis como idosos ou pessoas com condição cardíaca pré-existente e crianças.

O Ozônio (O₃), assim como o Óxido de Nitrogênio (NO_x) são potentes oxidantes citotóxicos capazes de provocar lesões celulares nas porções distais das vias aéreas. O Dióxido de Enxofre (SO₂) em altas concentrações podem provocar dificuldade respiratória em adultos e crianças com históricos de asma, nas práticas de atividades físicas em áreas externas. (BRAGA et al, 2001; BARBOSA, 2006; CAVALCANTI, 2010)

Entretanto estudos realizados em 14 cidades espanholas, após a análise para o Ozônio apenas em dias quentes, apontaram uma associação mais atrasada (2-3) de 0,7% (0,3 a 1,0) para as Doenças Cardiovasculares (DCV) e 0,7% (0,1 a 1,2) para o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), quando comparado com outros poluentes ambientais como o CO e PM₁₀. (BALLESTER, 2006)

1.2.4 Monóxido de Carbono (CO).

O Monóxido de Carbono (CO), poluente emitido principalmente através dos fumantes e do trânsito intenso dos grandes centros urbanos. Além dos tabagistas, as pessoas que passam várias horas em trânsito intenso ou que tenha que andar a pé ou de bicicleta são os mais afetados. (BRAGA et al, 2001)

O monóxido de Carbono CO quando entra em contato com a Hemoglobina, devido a afinidade ser em torno de 240 vezes maior que a do Oxigênio (O₂), faz com que pouca quantidade de CO possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do sangue de transportar o O₂ para todo o organismo. (BRAGA et al, 2005)

1.3 Critérios de Qualidade do Ar.

O Plano Nacional de Qualidade do Ar (PNQA) foi concebido como um subsídio à 1ª Conferência Nacional de Saúde Ambiental (CNSA), que ocorreu entre 9 e 12 de dezembro de 2009, em Brasília. Esse plano sistematizou todas as ações do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério da Saúde relacionadas à melhoria da qualidade do ar, configurando-se como um compêndio das ações federais nesta área. (BRASIL, 2009)

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA), são os órgãos responsáveis pelo estabelecimento dos padrões nacionais de qualidade do ar e conseqüentemente estabelecem as normas ambientais que regem o país. (BRASIL, 2009)

O Plano Nacional de Qualidade do Ar (PNQA) possui como objetivos estratégicos três pontos principais:

1 - Reduzir as concentrações de contaminantes na atmosfera de modo a assegurar a melhoria da qualidade ambiental e a proteção à saúde, compatibilizando o alcance de metas de qualidade do ar com desenvolvimento econômico;

2 - Integrar políticas públicas e instrumentos que se complementem nas ações de planejamento territorial, setorial e de fomento, e na aplicação de mecanismos de comando e controle necessários ao alcance de metas de qualidade do ar temporalmente definidas;

3 - Contribuir para a diminuição da emissão de gases do efeito estufa.

Como principais linhas de ação o PNQA apresenta, (BRASIL, 2009):

- Fortalecimento do SISNAMA no trato da gestão de qualidade do ar;
- Redução de emissões geradas pelo setor de transportes;
- Redução de emissões da indústria e do setor de serviços (produção mais limpa de bens e serviços);
 - Redução e monitoramento das emissões causadas pelas atividades agrossilvopastoris;
 - Integração de políticas de desenvolvimento urbano, transporte, saúde e qualidade do ar;
 - Realinhamento e cumprimento dos marcos normativos e regulatórios, incluindo a revisão dos padrões de qualidade do ar e limites de emissão;
 - Geração de conhecimento, desenvolvimento tecnológico e acesso à informação;
 - Ampliação de co-benefícios decorrentes da redução de contaminantes locais e de gases de efeito estufa.

Embora o país apresente um Plano Nacional de Qualidade do Ar e Resoluções que definem padrões de segurança e de controle de poluentes atmosféricos, pouco se observa na diminuição das emissões de gases, partículas e outros produtos que contaminam o ar que respiramos.

A Resolução nº. 03/1990 do CONAMA, define poluente atmosférico como: “[...] *qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos [...]*”.

O parágrafo único do Artigo 1º da Resolução nº 03/1990 classifica a qualidade do ar como “[...]: *I – Impróprio, nocivo ou ofensivo a saúde; II – Inconveniente ao bem-estar público; III – Danoso aos materiais, à fauna e à flora; IV – Prejudicial à segurança, ao uso da propriedade e às atividades normais da comunidade*”.

O artigo 2º da mesma Resolução estabelece ainda padrões de qualidade do ar, que devem orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar, que são:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. (CONAMA, 1990).

A Resolução nº 03/1990 do CONAMA, de 28 de Junho de 1990 considera episódio crítico de poluição do ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos. Em 1987, a Organização Mundial de Saúde (OMS), publicou as primeiras diretrizes sobre a qualidade do ar, que ganharam a primeira revisão no ano de 1997.

O artigo 5º da Resolução nº 03/1990 do CONAMA estabelece ainda um plano de emergência para episódios críticos de poluição do ar, afim de que Estados e Municípios tome providências para prevenir grave e iminentes problemas de saúde para a população, conforme descrito na Tabela 3, a seguir.

Tabela 3 – Critérios para episódios agudos de poluição do ar – Resolução do CONAMA nº. 003/1990.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
partículas totais em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	375	625	875
partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	250	420	500
dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	800	1.600	2.100
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 24h	65.000	261.000	393.000
dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	1.130	2.260	3.000
monóxido de carbono (ppm) - 8h	15	30	40
ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - 1h	400*	800	1.000

*O nível de atenção é declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva

(200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fonte:

<http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/tabela%20padroes%20qualidades.pdf>

A Resolução nº 03/1990 do CONAMA, em seu artigo 3º estabelece ainda os seguintes Padrões de Qualidade do Ar, conforme se observa no Quadro 1, a seguir:

Quadro 1: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar – Resolução CONAMA Nº 03/1990.

Poluentes atmosféricos	Padrão Primário	Padrão Secundário
I - Partículas Totais em Suspensão (PTS)	<p>1 - Concentração média geométrica anual de 80 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de 240 µg/m³ de ar, que não deve exceder mais de uma vez ao ano.</p>	<p>1 - Concentração média geométrica anual de 60 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de 150 µg/m³ de ar, que não deve exceder mais de uma vez ao ano.</p>
II - Fumaça	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 60 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de 150 µg/m³ de ar, que não deve exceder mais de uma vez ao ano.</p>	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 40 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de 100 µg/m³ de ar, que não deve exceder uma de uma vez ao ano.</p>
III - Partículas Inaláveis	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 50 µg/m³ de ar.*</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de 150 µg/m³ de ar, que não deve exceder mais de uma vez ao ano.*</p>	
IV - Dióxido de Enxofre	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 80 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de, 365 µg/m³ de ar, que não deve exceder mais de uma vez ao ano.</p>	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 40 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 24 horas de, 100 µg/m³ de ar, que não deve exceder mas de uma vez ao ano.</p>
V - Monóxido de carbono	<p>1 - Concentração média de 8 horas de 10.000 µg/m³ de ar (9 ppm), que não deve exceder mais de uma vez ao ano.*</p> <p>2 - Concentração média de 1 hora de 40.000 µg/m³ de ar (35 ppm), que não deve exceder mais de uma vez ao ano.*</p>	
VI – Ozônio	<p>1 - Concentração média de 1 hora de 160 µg/m³ do ar, que não deve ser exceder mais de uma vez ao ano.*</p>	
VII - Dióxido de Nitrogênio	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 100 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 1 hora de 320 µg/m³ de ar.</p>	<p>1 - Concentração média aritmética anual de 100 µg/m³ de ar.</p> <p>2 - Concentração média de 1 hora de 190 µg/m³ de ar.</p>
* Se aplica tanto para o Padrão Primário quanto para o Secundário.		

Castro, Araújo & Silva (2013) apresentam os padrões de qualidade para os Materiais Particulados (MP), recomendados pela Agência Europeia do Ambiente (EEA), pela Agência Nacional de Proteção ao Meio Ambiente dos EUA (USEPA) e do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como podemos observar na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4 – Padrões de Qualidade do Ar para os materiais particulados segundo a EEA, USEPA e CONAMA.

	POLUENTE	PADRÕES	CONCENTRAÇÃO	TEMPO DE EXPOSIÇÃO
EEA	PM _{2,5}	-	25 µg/m ³	1 ano
	PM ₁₀	-	50 µg/m ³	24 horas
USEPA	PM _{2,5}	Primário	12 µg/m ³	Anual
		Secundário	15 µg/m ³	Anual
		Primário e Secundário	35 µg/m ³	24 horas
	PM ₁₀	Primário e Secundário	150 µg/m ³	24 horas
CONAMA	PM _{2,5} + PM ₁₀	Primário e Secundário	50 µg/m ³	1 ano
			150 µg/m ³	24 horas

FONTE: Castro, Araújo & Silva (2013).

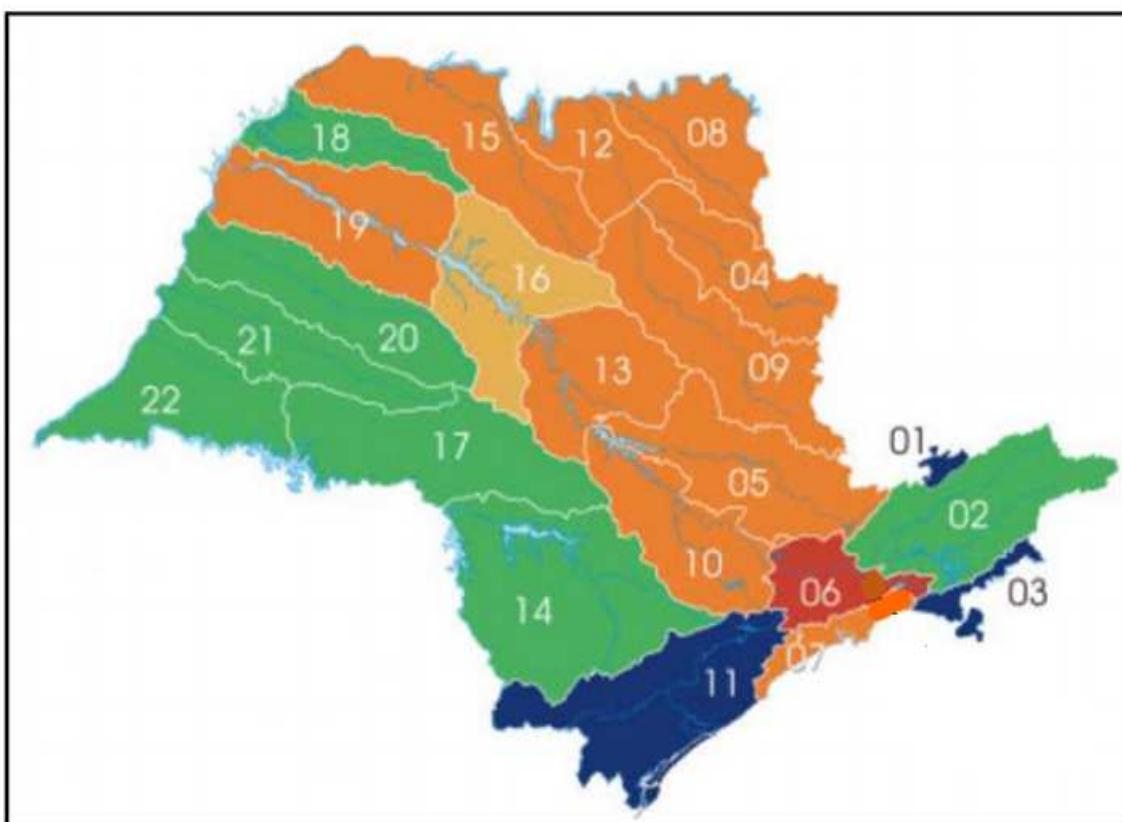
O Estado de São Paulo, iniciou em 2008, um processo de revisão dos Padrões de Qualidade do Ar, com base nas diretrizes da OMS, culminando na publicação do Decreto Estadual nº. 59.113/2013, que revogou o Decreto anterior de nº. 8.468/1976, no qual foi criado um conjunto de metas gradativas e progressivas ao longo do tempo, denominadas de Metas Intermediárias (MI1, MI2, MI3) para atingir os desejáveis Padrões Finais (PF), (CETESB, 2012).

Segundo o Decreto Estadual 59.113/2013, o gerenciamento da qualidade do ar do Estado de São Paulo foi dividido em regiões denominadas “Regiões de Controle de Qualidade do Ar (RCQA), que coincidirão com as 22 (vinte e duas) Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) do Estado de São Paulo [...]”.

Esse decreto ainda prevê que na “*execução de programas de controle de poluição do ar, as RCQA poderão ser divididas ou agrupadas em sub-regiões, constituídas de um ou mais municípios, ou ainda, por parte deles, podendo abranger municípios de diferentes UGRHI*”.

Essas Unidades estão bem definidas pela Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, como se observa na figura 11 a seguir:

Figura 11 - Regiões de Controle de Qualidade do Ar (RCQA) do Estado de São Paulo



Fonte: Lei Estadual N. 9.034, de 27 de Dezembro de 1994.

Seguindo as orientações do Decreto Estadual 59.113/2013 para classificar a qualidade do ar, a CETESB considera os seguintes poluentes: partículas inaláveis (MP_{10}), partículas inaláveis finas ($MP_{2,5}$), dióxido de enxofre (SO_2), dióxido de nitrogênio (NO_2) e ozônio (O_3).

A partir da mudança dos Padrões de Qualidade do Ar e da adoção da Meta Intermediária 1 (MI1), o padrão de qualidade para as partículas inaláveis

(MP₁₀) 24 horas foi alterado de 150 µg/m³ para 120 µg/m³, e introduziu-se o controle, até então inexistente, para as partículas inaláveis finas (MP_{2,5}), (KOLHY, 2014). O quadro 2 a seguir, demonstra essa nova realidade.

Quadro 2 – Padrões Estaduais de Qualidade do Ar (Decreto Estadual nº. 59.113/13).

Poluente	Tempo de Amostragem	MI1 µg/m ³	MI2 µg/m ³	MI3 µg/m ³	PF µg/m ³
Partículas inaláveis (MP ₁₀)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	40	35	30	20
Partículas inaláveis finas (MP _{2,5})	24 horas	60	50	37	25
	MAA ¹	20	17	15	10
Dióxido de enxofre (SO ₂)	24 horas	60	40	30	20
	MAA ¹	40	30	20	-
Dióxido de nitrogênio (NO ₂)	1 hora	260	240	220	200
	MAA ¹	60	50	45	40
Ozônio (O ₃)	8 horas	140	130	120	100
Monóxido de carbono (CO ₂)	8 horas	-	-	-	9 ppm
Fumaça* (FMC)	24 horas	120	100	75	50
	MAA ¹	-	-	-	-
Partículas totais em suspensão* (PTS)	24 horas	-	-	-	240
	MGA ²	-	-	-	80
Chumbo** (Pb)	MGA ²	-	-	-	0,5
	MGA ²	-	-	-	-

1 – Média aritmética anual. 2 – Média geométrica anual* Fumaça e Partículas Totais em Suspensão – Parâmetros auxiliares a serem utilizados apenas em situações específicas, a critério da CETESB.

** Chumbo – a ser monitorado apenas em áreas específicas, a critério da CETESB.

Fonte: Adaptado CETESB, 2012; KOLHY, 2014.

Nesse sentido, Kolhy (2014) afirma que os critérios fixados nos episódios agudos de poluição têm agora a declaração de três estados: Atenção, Alerta e Emergência e para cada poluente medido é calculado um índice adimensional, que expressa a nota de qualidade: N1 – Boa, N2 – Moderada, N3 – Ruim, N4 – Muito Ruim e N5 – Péssima, associada à cor na

sequência: verde, amarelo, laranja, vermelha e púrpura, conforme se observa a seguir no quadro 3. (CETESB, 2012)

Quadro 3 – Estrutura do índice de qualidade do ar (Decreto Estadual nº. 59.113/2013).

Qualidade	Índice	MP ₁₀ µg/m ³ 24h	MP _{2,5} µg/m ³ 24h	O ₃ µg/m ³ 8h	CO µg/m ³ 8h	NO ₃ µg/m ³ 1h
N1 – Boa	0 – 40	0 – 50	0 – 25	0 – 100	0 – 9	0 – 200
N2 – Moderada	41 – 80	>50 – 100	>25 – 50	>100 120	– >9 – 11	>200 – 240
N3 – Ruim	81 – 120	>100 150	– >50 – 75	>130 160	– >11 13	– >240 – 320
N4 – Muito Ruim	121 – 200	>150 250	– >75 125	– >160 200	– >13 15	– >320 1130
N5 – Péssima	>200	>2500	>125	>200	>15	>1130

Fonte: Adaptado CETESB, 2012; KOLHY, 2014.

Na tentativa de tornar compatível o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, o Decreto Estadual nº. 59.113/2013 previu ainda a elaboração de um plano de controle de emissões de fontes fixas e móveis, nas áreas classificadas com a maior Meta Intermediária (MI1) e, por isso, consideradas críticas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS), com a incorporação de novas bibliografias científicas e de uma grande quantidade de novos estudos, publicou o relatório *Air quality guidelines – Global update 2005* – que inclui uma avaliação detalhada das provas disponíveis sobre o assunto.

Este documento sugere novos padrões da qualidade do ar a serem utilizados, disponibilizando assim melhores evidências sobre os determinantes

da saúde, bem como sobre os riscos e agravos, em particular, a poluição do ar, conforme demonstra o Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 – Padrões da OMS de qualidade do ar

Principais Poluentes	Padrões	
	Média Anual	Média 24 horas
MP_{2,5}	10 µg/m ³	25 µg/m ³
MP₁₀	20 µg/m ³	50 µg/m ³
	Média de 8 horas	
O₃	100 µg/m ³	
	Média anual	Média de 1 hora
NO₂	40 µg/m ³	200 µg/m ³
	Média 24 horas	Média 10 minutos
SO₂	20 µg/m ³	500 µg/m ³

Fonte: Adaptado KOLHY, 2014.

O relatório da OMS sobre a qualidade do ar proporciona o conhecimento sobre as propriedades perigosas dos poluentes e indicação do risco relacionado com a exposição, resumindo pelas orientações, dar uma contribuição científica essencial para o desenvolvimento de estratégias para a gestão da qualidade do ar.

É necessário então que as autoridades de todas as nações que sofrem com o impacto da poluição ambiental preparem estratégias nacionais, de controle da emissão de poluentes atmosféricos e conseqüentemente, melhoria da qualidade do ar.

Em particular nos países que não dispõem de infraestrutura e recursos científicos necessários para conduzir suas próprias avaliações em apoio à política pública, este documento surge como um recurso essencial de

orientações na busca de um mundo com melhores condições ambientais para todos.

1.4. Políticas Públicas de Prevenção dos Efeitos da Poluição do Ar

De acordo com Olmo e Pereira (2011), para o ordenamento jurídico o ar, inserido no contexto do meio ambiente ecologicamente equilibrado, é um bem de uso comum do povo, insuscetível de apropriação e objeto de tutela pelo Poder Público e coletividade.

Já no aspecto médico, a ventilação pulmonar significa suscintamente, o influxo e o refluxo de ar entre a atmosfera e os alvéolos pulmonares, a difusão de oxigênio e dióxido de carbono, dependentes da movimentação do diafragma e elevação e depressão das costelas num ritmo perfeito, capaz de aumentar e diminuir o diâmetro ântero posterior da cavidade torácica e assim promover a respiração. (OLMO; PEREIRA, 2011)

Esse ar tutelado pelo Estado e essencial a vida na terra está a cada dia mais ameaçado, mais inadequado para suprir sua real finalidade, a vida, faz-se necessário, portanto, políticas públicas de controle ambiental, a fim de se produzir uma qualidade melhor de vida no espaço urbano.

Como já vimos na primeira parte desse trabalho, os grandes centros urbanos como São Paulo, por exemplo, são alvo do ar mais poluído em razão principalmente de sua crescente frota veicular ainda inadequada tecnicamente em termos de redução de emissão. O que se almeja para um futuro bem próximo é a tomada de decisões governamentais mais enérgicas em meio e embasadas nos estudos epidemiológicos que evidenciam os efeitos nocivos da poluição atmosférica na saúde humana (OLMO; PEREIRA, 2011). Faz-se necessário políticas públicas que controlem a emissão de gases na atmosfera, melhorando a saúde das pessoas.

No Brasil um projeto desenvolvido pelas agências ambientais norte-americana, CETESB, laboratório de Poluição Atmosférica da Faculdade de Medicina da USP, entre outros, estabeleceu um quadro para o desenvolvimento de políticas integradas e ambientalmente sustentáveis para a

Região Metropolitana de São Paulo, com especial incidência no setor dos transportes. (OLMO; PEREIRA, 2011)

Este quadro foi criado para fornecer aos tomadores de decisão política (governantes), instrumentos mais fortes que, simultaneamente, atendessem as necessidades locais e regionais, com as questões ambientais globais com base em critérios técnicos, econômicos e sociais. (OLMO; PEREIRA, 2011)

Um relatório que foi concluído em 2004, indica que a implantação do PROCONVE (Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) irá impedir um número estimado de 10 mil internações hospitalares e mais de 8.800 mortes atribuídas à poluição do ar cumulativamente entre 2000 e 2020. (OLMO; PEREIRA, 2011)

Estes autores afirmam ainda que este número, pode ser valorado entre 4,8 bilhões dólares e 6,7 bilhões dólares, desde o início do PROCONVE na década de 1990. As reduções de emissões de CO₂ entre 2010-2020 devem ser entre 2,6 a 57,2 milhões de toneladas.

O estudo também descobriu que o Plano de Transporte Integrado em curso no Estado de São Paulo (PITU), considerado um cenário alternativo, pode evitar um adicional de 2.277 internações e 1.800 mortes por poluição do ar relacionados com efeitos 2000-2020, avaliado em US\$ 1,7 bilhão para US\$ 2,3 bilhões. (OLMO; PEREIRA, 2011)

No ano de 2008, no mês de março, durante a 245ª Reunião Plenária Ordinária do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA) foram pautadas questões relativas à qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo e a necessidade da revisão dos padrões vigentes, com base em amplo debate técnico.

Para tanto, o Plenário do CONSEMA, em sua Deliberação 14/2008, instituiu um Grupo de Trabalho (GT) para organizar seminário sobre a questão da poluição atmosférica na Macrometrópole Paulista. Participaram do grupo especialistas da CETESB, da Secretaria da Saúde, Faculdade de Medicina da USP e da bancada ambientalista (CETESB, 2012). Como informação importante para esse trabalho registramos algumas informações úteis.

Na abertura do Seminário, os Secretários de Estado da Saúde e Meio Ambiente enfatizaram a necessidade de se desenvolver trabalhos conjuntos relativos à poluição atmosférica e saúde e sinalizaram no sentido da instituição

de grupo de trabalho composto por especialistas das duas Secretarias. (CETESB, 2012)

O representante da OMS destacou que a poluição atmosférica é um problema em praticamente todas as metrópoles do mundo devido à grande concentração de veículos automotores, enfatizando a necessidade de adoção de políticas públicas de médio e longo prazo e incremento do controle das emissões que levem à redução das concentrações de poluentes na atmosfera (CETESB, 2012). Ele apresentou os valores-guia de qualidade do ar da OMS, atualizados em 2005 a partir de uma ampla revisão bibliográfica de estudos epidemiológicos, clínicos e toxicológicos sobre os efeitos adversos da poluição do ar na saúde.

Estes valores levam em consideração os dados de diferentes regiões do globo e suas desigualdades em termos de exposição à poluição do ar. Foram apresentados valores-guia para material particulado (MP), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂), bem como um conjunto de valores intermediários de concentração destes poluentes, de forma a encorajar uma melhoria gradual da qualidade do ar e a redução dos impactos da poluição sobre a saúde. (CETESB, 2012)

Ainda na reunião, o representante da OMS destacou também que os valores-guia não são padrões de qualidade do ar, porém, podem orientar as autoridades governamentais no desenvolvimento de estratégias de gestão da qualidade do ar voltadas para a saúde, especialmente nos países que carecem de infraestrutura para conduzir seus próprios estudos e dar suporte às políticas públicas. (CETESB, 2012)

Segundo o representante da OMS, a adoção de padrões ou metas de qualidade do ar para uma dada região deve levar em conta as condições locais, incluindo: fontes de poluição do ar, atividades econômicas, estágio de desenvolvimento técnico, situação social e política, bem como recursos disponíveis para a prevenção dos riscos ambientais. (CETESB, 2012)

Devem ser feitos estudos de cenários a partir de modelos que permitam quantificar os benefícios advindos da melhoria da qualidade do ar. Uma extensiva revisão bibliográfica conduzida pela OMS evidenciou que as medidas que promovem melhorias mais significativas na saúde são as que

dizem respeito à substituição de fontes de energia por tecnologias mais limpas em áreas urbanas.

Programas isolados para reduzir a intensidade do tráfego podem apresentar benefícios apenas temporários, caso não sejam acompanhados por políticas de redução mais globais. As políticas de transporte, construção e planejamento urbano devem incluir um plano de monitoramento dos parâmetros de qualidade do ar e estudos de avaliação dos impactos da poluição do ar sobre a saúde. (CETESB, 2012)

A EPA (Agência Ambiental Americana) orienta que a revisão dos padrões de qualidade do ar seja realizada a cada cinco anos, constando de um processo de revisão não só interna, mas também pública (CETESB, 2012). Tal revisão deve ser conduzida por um comitê científico independente, que revisa os critérios e padrões e, se necessário, propõe novos padrões. Os critérios mais importantes são as análises de exposição/risco e as incertezas científicas, não sendo considerados os custos.

Ainda de acordo com a EPA, revisões recentes conduziram a alterações dos padrões de material particulado inalável fino ($MP_{2,5}$), ozônio (O_3) e chumbo (Pb). O $MP_{2,5}$ teve o valor do padrão diário reduzido de $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pois estudos epidemiológicos evidenciam que há efeitos à saúde, incluindo mortes prematuras e internações hospitalares, não só quando se atingem os níveis anteriores (padrão de 1997), mas também valores abaixo desses níveis. A EPA orienta, portanto, pela necessidade de estreitar os limites para melhor proteger a saúde da população dos efeitos de curto-prazo da exposição às partículas finas. (CETESB, 2012)

No caso do padrão anual, foi mantido o valor anterior, de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pois a Agência entendeu que este valor garante proteção com uma margem de segurança adequada. No caso do O_3 , o padrão foi reduzido de 0,08 ppm para 0,075 ppm (média de 8 horas), pois os estudos epidemiológicos citam efeitos sobre a função pulmonar de adultos, incluindo hospitalizações e mortes prematuras para concentrações desde 0,08 ppm. O novo padrão foi fixado em 0,075 ppm e não abaixo em razão das incertezas científicas nas análises de exposição e risco. (CETESB, 2012)

Para o chumbo, a redução drástica do padrão de 1,5 para $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$, média trimestral, deveu-se a estudos que relatam efeitos adversos da presença

de Pb no sangue, por exemplo, efeitos sobre o Quociente de Inteligência (QI) de crianças em concentrações muito baixas de Pb no sangue. Os padrões atualmente adotados nos EUA referem-se aos poluentes regulamentados: CO, Pb, NO₂, MP₁₀ e MP_{2,5}, O₃ e SO₂. Destes, os mais críticos em termos de não atendimento aos padrões de qualidade do ar e de número de pessoas afetadas são o O₃, o MP_{2,5} e o MP₁₀, nesta ordem. (CETESB, 2008)

Para comparar com a situação da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) também se ouviu nessa reunião o posicionamento do representante da União Européia (UE). Naquela região, o estabelecimento e revisão dos padrões de qualidade do ar levam em conta os progressos científicos mais recentes, bem como a experiência adquirida pelos Estados Membros. (CETESB, 2012)

São considerados, dentre outros fatores, estimativas dos efeitos da poluição na saúde humana, incluindo quantificação monetária, elaboração de modelos para avaliar cenários, estimativas dos benefícios para os ecossistemas, avaliação e gestão da qualidade do ar. São envolvidos nesse processo os representantes dos Estados Membros, das indústrias e de organizações não governamentais, cientistas da Comissão Européia e cientistas convidados. Também são consideradas consultas realizadas diretamente na internet. (CETESB, 2012)

Na RMSP o plano de revisão dos padrões de qualidade do ar deve ser conduzido por grupo multidisciplinar e interinstitucional, liderado por instituição governamental com capacidade de articulação e com suporte das autoridades estaduais e federais. Embora, a revisão dos padrões de qualidade do ar seja um processo complexo de conhecimento técnico especializado, demanda a participação inteira da sociedade para maior legitimidade. (CETESB, 2008)

Desta maneira, os diferentes segmentos sociais que tenham interferência direta ou indireta com o tema (tais como setores de transporte urbano, planejamento urbano, habitacional, academia, sociedade civil etc.) devem estar envolvidos. O Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) é um foro que pode catalisar tais discussões, subsidiado especialmente pela Secretaria do Meio Ambiente (SMA) e Secretaria Estadual de Saúde (SES). (CETESB, 2008)

As discussões devem ser conduzidas de modo a identificar as consequências técnicas, sociais, financeiras, legais e institucionais decorrentes

da adoção de padrões mais restritivos e/ou mais abrangentes. No que diz respeito à importância de conscientização da população, há experiências bem-sucedidas, como o projeto desenvolvido na União Européia, que avaliou a exposição humana à poluição atmosférica, por meio de monitores individuais de baixo custo portados por voluntários, selecionados segundo critérios bem definidos (CETESB, 2008).

Apostando no poder das escolas em promover mudanças na sociedade, esse projeto também envolveu alunos que colaboraram com os cientistas, participando diretamente na coleta de amostras e nas discussões acerca dos resultados (CETESB, 2008).

A reunião concluiu que a elaboração de planos e estratégias de gestão da qualidade do ar deve levar em conta os objetivos a serem atingidos em termos dos níveis máximos toleráveis de concentração dos poluentes (padrões de qualidade do ar).

A adoção de um padrão ou meta de qualidade do ar fomenta a ampliação da rede de monitoramento, fornecendo informações para estabelecer programas e políticas de controle da poluição atmosférica (CETESB, 2008).

Além disso, estabelecer objetivos permite avaliar as relações de custo das estratégias adotadas para atingi-los e os benefícios decorrentes da adoção de certas medidas, dentre as quais, incentivo ao uso de fontes de energia limpas/renováveis, programas para melhorar o sistema de gestão do tráfego e a infraestrutura de transporte, redução das emissões veiculares, implementação de planos de ocupação e uso do solo (CETESB, 2008).

1.4.1 Plano de Controle de Poluição Veicular do Estado de São Paulo – PCPV 2011 / 2013

A resolução CONAMA 418/2009, previa que até 30 de Junho de 2011 a elaboração do Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV por órgãos ambientais estaduais ou, complementarmente, órgãos municipais ou

consórcios destes. Esse Plano deve estabelecer políticas públicas que efetivamente melhorem ou mantenham a qualidade do ar em aglomerações urbanas, impactadas pelo crescimento da frota de veículos rodoviários derivado do adensamento populacional e da melhoria do poder de compra do cidadão. (PCPV, 2011/2013)

O problema da poluição do ar no Estado de São Paulo é agravado pelo modelo de transporte comum nestas cidades que, ainda, utiliza ônibus convencional movido a diesel para o transporte público de passageiros, o automóvel particular e mais recentemente a motocicleta como opções preponderantes para os deslocamentos. Os carros, geralmente em grande quantidade, conforme se observam na figura 12, mesmo equipados com sistemas de controle da poluição, acabam se tornando grandes poluidores, pois há um grande volume desses veículos em circulação, parte com idade avançada - 1,7 milhões acima de 15 anos, utilizados de forma pouco eficiente e transportando em média apenas 1,2 pessoas, (PCPV, 2011/2013).

Figura 12 – Trânsito na cidade de São Paulo.



FONTE: PCPV, 2011 – 2013.

De acordo com o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV), 2011/2013, o Estado de São Paulo possui 645 municípios e população de aproximadamente 41 milhões de habitantes em outubro de 2011. Cerca de 20 milhões de habitantes se concentram na Região Metropolitana de São Paulo

(RMSP), formada por 39 municípios, inclusive a capital com 11 milhões de habitantes.

Outras duas regiões metropolitanas estão formalmente organizadas: a de Campinas, com 2,8 milhões de habitantes e a da Baixada Santista, com 1,7 milhões. O resultado desta combinação de fatores é a qualidade do ar deteriorada nas grandes cidades, com consequências diretas na saúde. O PCPV está em consonância com a Lei 13.798/2009, que instituiu a Política Estadual de Mudanças Climáticas e no seu Artigo 16, do Transporte Sustentável, estabelece uma série de diretrizes, visando minimizar a emissão dos Gases de Efeito Estufa - GEE e incrementar a eficiência energética do segmento. (PCPV, 2011/2013)

Regiões em torno de grandes cidades somam populações acima de um milhão de habitantes, como Sorocaba, São José dos Campos e Ribeirão Preto. Nessas regiões concentram-se atividades econômicas importantes e grandes frotas de veículos, o que indica às autoridades atenção especial para a questão da poluição do ar.

1.4.2 O Rodízio de Veículos na Região Metropolitana de São Paulo – RMSP

A cidade de São Paulo ocupa uma área de 1.509 km² e possui 25% da frota nacional de veículos, utilizados por mais de 9 milhões de habitantes. Além disso, o município compõe a Região Metropolitana de São Paulo, participando do seu desenvolvimento e sendo afetado por eles, o que significa abrigar também em seu território quase 80% das viagens realizadas por toda a RMSP.

A fim de reduzir a quantidade de veículos, e a emissão desses poluentes na atmosfera, e conseqüentemente melhorar a qualidade do ar, a cidade de São Paulo adotou em caráter emergencial a Operação Rodízio dos automóveis. (CET, 2005)

Essa medida contou principalmente com a colaboração dos cidadãos para que deixassem seus veículos em casa uma vez por semana, conforme o

final de sua placa nos horários de pico, ou seja, entre 07:30 e 17:30. (CET, 2005)

Através da Lei 14.751 de 28 de Maio de 2008 uma política pública adotada pela RMSP foi o rodízio de veículos, também conhecido como “Operação Horário de Pico”. De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego – CET o rodízio começou em 1997, mas a Lei 14751 normatizou o rodízio. Este funciona de acordo com o final de placa e dia da semana, os veículos, nesses dias, não poderão circular nas ruas e avenidas internas ao chamado minianel viário, inclusive, das 7 às 10 horas e das 17 às 20 horas (CET, 2005). Os dias e o final das placas do rodízio são demonstrados no quadro 5, a seguir:

Quadro 5: Distribuição de Placas de Rodízio Veicular.

Dias	Segundas	Terças	Quartas	Quintas	Sextas
Final da Placa	1 e 2	3 e 4	5 e 6	7 e 8	9 e 0

Quadro adaptado da CET, 2015.

A princípio da lei do rodízio de automóveis não valia para os caminhões que trafegavam na cidade de São Paulo. Todavia, a partir de 28 de Julho de 2009 os caminhões passaram a ter que respeitar o mesmo critério aplicado aos carros (CET, 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar a relação entre poluição do ar e internações de idosos por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) no município de São Paulo entre 2000 a 2012.

2.2. Objetivos Específicos:

Avaliar a relação entre poluição do ar e internações de idosos do sexo feminino por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) no município de São Paulo entre 2000 a 2012, observando a sua estrutura de defasagem.

Avaliar a relação entre poluição do ar e internações de idosos do sexo masculino por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) no município de São Paulo entre 2000 a 2012, observando a sua estrutura de defasagem.

3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

3.1. Tipo de estudo

O presente estudo apresenta o modelo ecológico de séries temporais. De acordo com Medronho (2002), estudos ecológicos analisam uma população ou um grupo de pessoas que pertencem geralmente a uma área geográfica definida, como por exemplo, um país, um estado, uma cidade, um município ou um setor censitário.

Segundo Medronho (2002) os estudos ecológicos de série temporal são os mais adequados para se estudar os efeitos agudos da poluição atmosférica que ocorrem horas ou dias após a exposição.

3.2. Dados de morbidade

Todas as ações realizadas durante o período de internação devem ser notificadas ao Sistema Único de Saúde (SUS) através do preenchimento da Autorização de Internação Hospitalar (AIH), que por sua vez é registrada, arquivada e os pagamentos dos procedimentos são efetuados pelo SUS aos devidos prestadores de serviços.

O banco de dados do DATASUS contém informações como:

- Número do Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) do hospital,
- Município em que está localizado o hospital,
- Local de moradia,
- Idade do paciente (anos),
- Gênero,
- Causa da internação – diagnóstico principal e secundário (identificado através do Código Internacional de Doenças - CID),
- Período de internação,
- Valor dos procedimentos,

- Data da alta.

Para a realização deste estudo utilizaram - se as seguintes variáveis:

- Data de internação,
- Idade do paciente (anos),
- Gênero,
- Diagnóstico médico principal (CID) e
- Município de residência.

Este estudo incluiu os pacientes internados nos hospitais conveniados ao SUS, entre 01 de janeiro de 2000 e 31 de junho de 2012, na cidade de São Paulo por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM - CID I21). Além dos dados citados anteriormente, foram obtidos, para o mesmo período, dados horários sobre os níveis de PM₁₀, CO, SO₂, NO₂, O₃, temperatura mínima e umidade média junto à Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (CETESB, 2012)

3.3. Variáveis de estudo

3.3.1. Variáveis dependentes

As variáveis dependentes conhecidas também como variáveis respostas são as variáveis que apresentam os desfechos de interesse. Neste estudo, a variável resposta, ou seja, doença de interesse foi estratificada por gênero e descrita a seguir:

- **IAM60:** Número diário de internações por IAM para a faixa etária 60 anos ou mais (idoso).
- **IAMF60:** Número diário de internações por IAM para a faixa etária 60 anos ou mais para o gênero feminino.
- **IAMM60:** Número diário de internações por IAM para a faixa etária 60 anos ou mais para o gênero masculino.

3.3.2. Variáveis Independentes

Foram consideradas como variáveis independentes de interesse os níveis médios diários de cada poluente atmosférico. Para o município de São Paulo, foi utilizada a média de todas as estações que mediam o referido poluente. Foi observado que nem todas as estações mediam todos os poluentes. (CETESB, 2012)

3.3.3. Variáveis de controle

Foram consideradas como variáveis de controle a temperatura mínima (°C) e umidade relativa do ar média (%).

Estudos de epidemiologia ambiental mostram variações sazonais na ocorrência de eventos de interesse nas variáveis independentes. Assim, foram definidas três variáveis para controle da sazonalidade:

- Número de dias transcorridos: cada dia do período de estudo foi numerado cronologicamente, de 1 a 4.056 dias. Utilizou-se esta variável para controlar as alterações de longa frequência, como as decorrentes da influência das estações do ano.
- Dias da semana: os dias da semana foram numerados (1 - Domingo, 2 - Segunda-feira, 3 - Terça-feira, 4 - Quarta-feira, 5 - Quinta-feira, 6 - Sexta-feira, 7 - Sábado) sendo esta variável utilizada para controle das variações semanais que ocorrem tanto nas internações hospitalares quanto nas concentrações dos poluentes ambientais.

3.4. Análise Estatística

Foram realizadas as análises descritivas de todas as variáveis do estudo, através de seus valores de tendência central e de dispersão. Com o objetivo de se verificar a correlação entre os poluentes do ar e entre estes e as variáveis meteorológicas, utilizamos a análise de correlação através do Coeficiente de Correlação de Pearson.

Foram também utilizados modelos polinomiais lineares generalizados de Regressão de Poisson – MLG (MCCULLAGH, NELDER, 1989).

Também utilizou-se o alisador natural cubic spline para ajustar a dependência específica de cada variável resposta na sazonalidade de longa duração. O número de pontos de inflexão ou os graus de liberdade do alisador foram escolhidos para minimizar a soma de auto correlação dos resíduos e o critério de informação de Akaike (BOZDOGAN, 2000).

Utilizamos modelos com defasagem distribuída pelo fato das exposições ambientais causarem efeitos deletérios, no caso internações por doenças cardiovasculares, no dia da exposição, no dia seguinte, ou até vários dias após a exposição. Portanto, as internações que ocorrem em um determinado dia podem ser resultado da exposição que ocorreu no mesmo dia, mas também das exposições que ocorreram em cada um dos dias precedentes. A exposição à poluição do ar se enquadra na situação anteriormente descrita.

Para dados com distribuição normal, suprimindo-se as co-variáveis, um modelo de defasagem distribuída pode assumir a seguinte forma:

$$\text{Log}[E(Y_t)] = \alpha + \beta_0 X_t + \dots + \beta_q X_{t-q} + \varepsilon_t$$

em que X_{t-q} é a exposição ambiental de interesse, por exemplo, poluentes do ar, q são os dias antes do evento estimado, por exemplo, internações hospitalares.

O efeito total da exposição ambiental é a soma dos efeitos estimados dos q dias subseqüentes. Portanto, pode ser escrita como $\beta_0 + \dots + \beta_q$. Entretanto, a alta correlação entre dados de dias consecutivos torna instável estimativas individuais para cada β_q .

Para solucionar este problema, foi imposto um fator de restrição que faz com que os β_q s variem suavemente como uma função polinomial dos dias do período de defasagem analisado. Este modelo de defasagem com distribuição polinomial tem q dias e d graus de liberdade (grau do polinômio) e pode ser mais ou menos restritivo em função do grau do polinômio utilizado.

Como o ponto central de interesse deste estudo é estimar os efeitos dos poluentes do ar sobre as internações hospitalares por doenças

cardiovasculares e explorar a estrutura de defasagem entre a exposição a esses fatores e o desfecho analisado, foram utilizados modelos de defasagem com distribuição polinomial para os poluentes.

Foram estimados os efeitos das exposições aos poluentes em uma estrutura de defasagem de 7 dias (dia da exposição e até 6 dias após a exposição) utilizando-se polinômios de terceiro grau que permitem estimativas flexíveis e mais estáveis do que os modelos sem restrição. (ZANOBETTI et al, 2002; MARTINS et al, 2006).

Os resultados foram apresentados como o acréscimo no número de internações hospitalares por doenças cardiovasculares e seus respectivos intervalos de confiança de 95%, para cada dia do período de defasagem analisado, devido a aumentos de um interquartil na concentração dos poluentes. A variação interquartil pode ser definida como a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil dos valores de uma determinada variável. A estimativa de aumento percentual e do respectivo intervalo de confiança de 95% pode ser representada por:

$$\text{Aumento (\%)} = (e(\beta q * VIQ) - 1) * 100$$

em que VIQ é a variação interquartil, e

$$IC\ 95\% = (e((\beta q * VIQ) \pm (1,96 * EPq * VIQ)) - 1) * 100$$

em que EPq é o erro padrão de cada βq . Adotou-se o nível de significância $\alpha = 5\%$ em todas as análises.

4. RESULTADOS

No período do estudo, entre 2000 e 2012, foram internados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) na cidade de São Paulo 6.528.945 pacientes, sendo 670.170 (10,3%) por doenças do sistema cardiocirculatório.

O número de internações de idosos nesse período com Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) foi de 39.783, destes 22.832 (57,4%), sendo do sexo masculino e 16.951 (42,6%) do sexo Feminino.

A tabela 5 apresenta a análise descritiva das internações de idosos por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) no município de São Paulo total e estratificada por sexo. Observa-se uma média maior de casos em idosos do sexo masculino.

Tabela 5 - Análise descritiva das internações por IAM para a faixa etária de 60 anos ou mais e para os gêneros feminino e masculino no município de São Paulo.

IAM Idoso	Média ± desvio padrão	Mínimo - Máximo
Total	7,56 ± 3,73	0,00 - 28,00
Sexo Feminino	3,00 ± 2,09	0,00 - 16,00
Sexo Masculino	4,00 ± 2,58	0,00 - 18,00

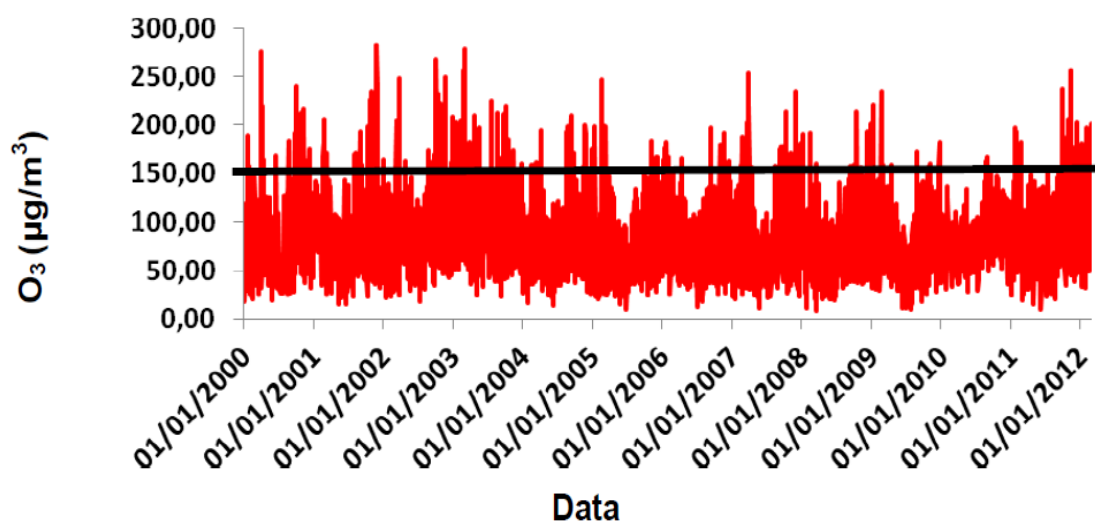
Na tabela 6 e a partir dos gráficos de 1 a 7 observa-se a análise descritiva para os poluentes do ar e para as variáveis climáticas.

Tabela 6. Análise descritiva para os poluentes do ar e variáveis climáticas para o município de São Paulo.

Poluentes	Média \pm desvio padrão	Mínimo - Máximo
O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	79,34 \pm 39,96	8,81 - 282,03
CO (ppm)	1,61 \pm 1,13	0,09 - 12,09
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	80,67 \pm 42,12	19,14 - 390,78
SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9,61 \pm 6,22	0,37 - 51,86
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	37,00 \pm 19,78	8,26 - 168,98
Temperatura mínima (°C)	16,34 \pm 3,37	-0,20 - 23,40
Umidade média (%)	78,79 \pm 10,56	35,74 - 99,58

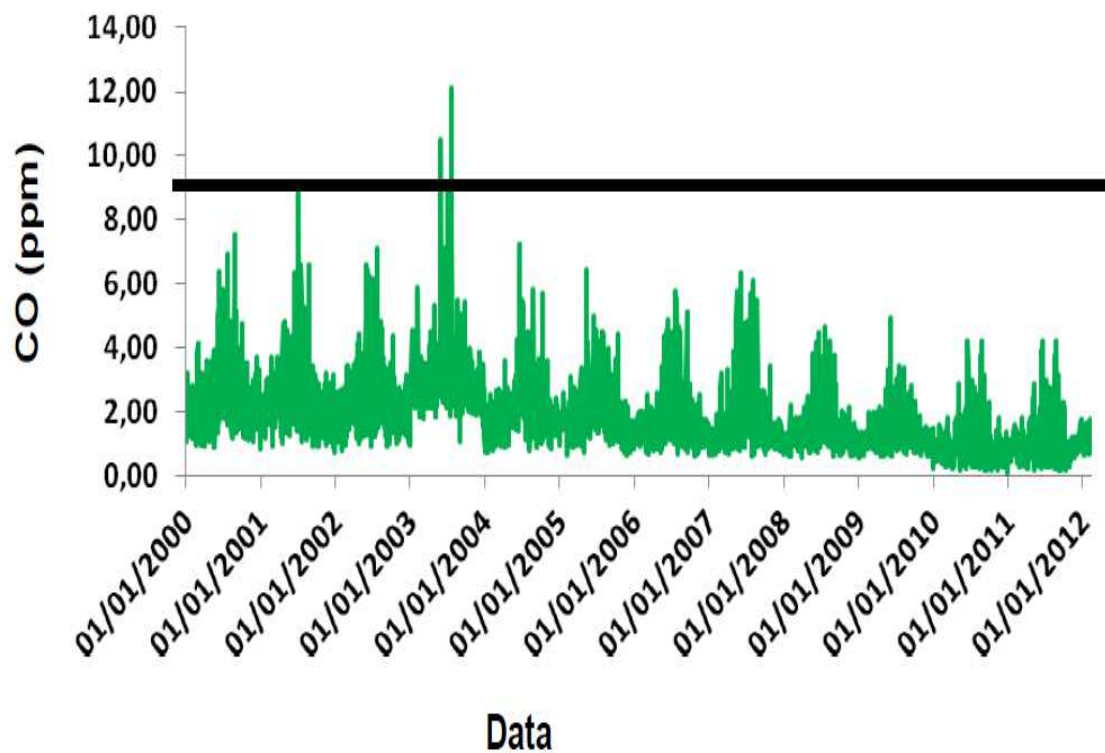
No gráfico 1 observamos a série de tempo realizada para o O₃ que ultrapassou seu limite diário de qualidade do ar (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) em 221 vezes.

Gráfico 1: Série de tempo para o O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.



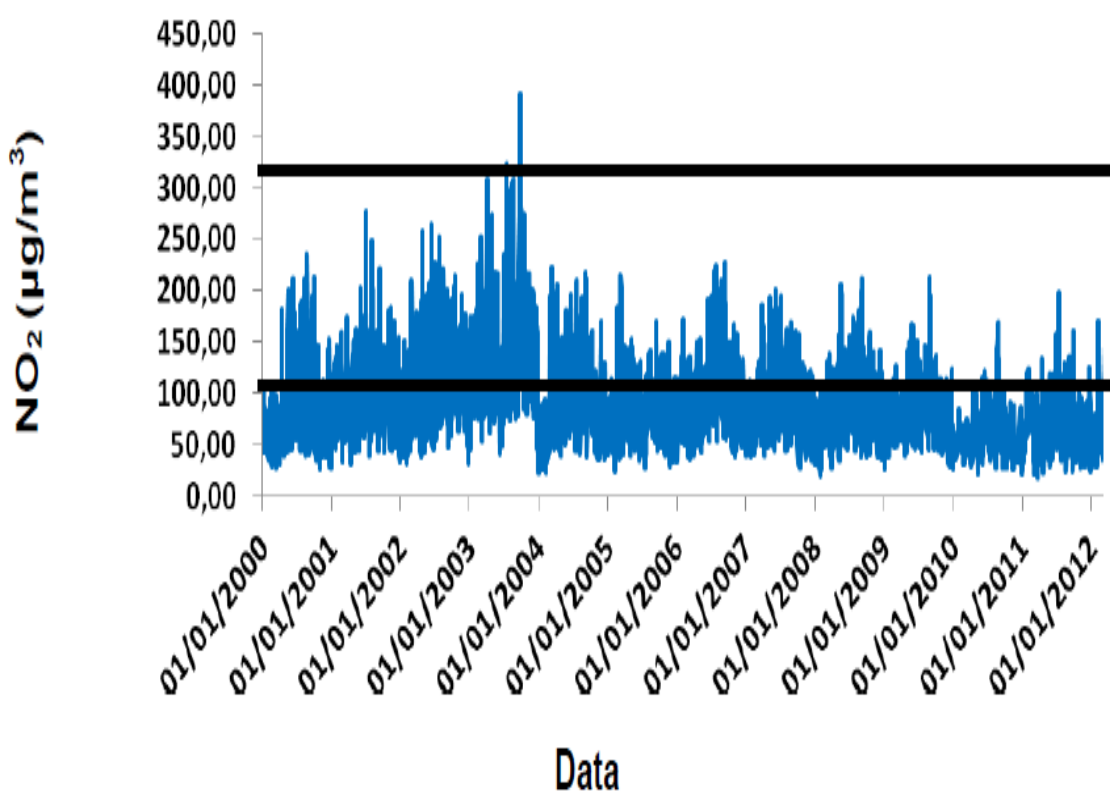
No gráfico 2 é possível observar a série de tempo realizada para o CO que ultrapassou seu limite diário de qualidade do ar (9 ppm) em 5 vezes no ano de 2003.

Gráfico 2: Série de tempo para o CO (ppm) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.



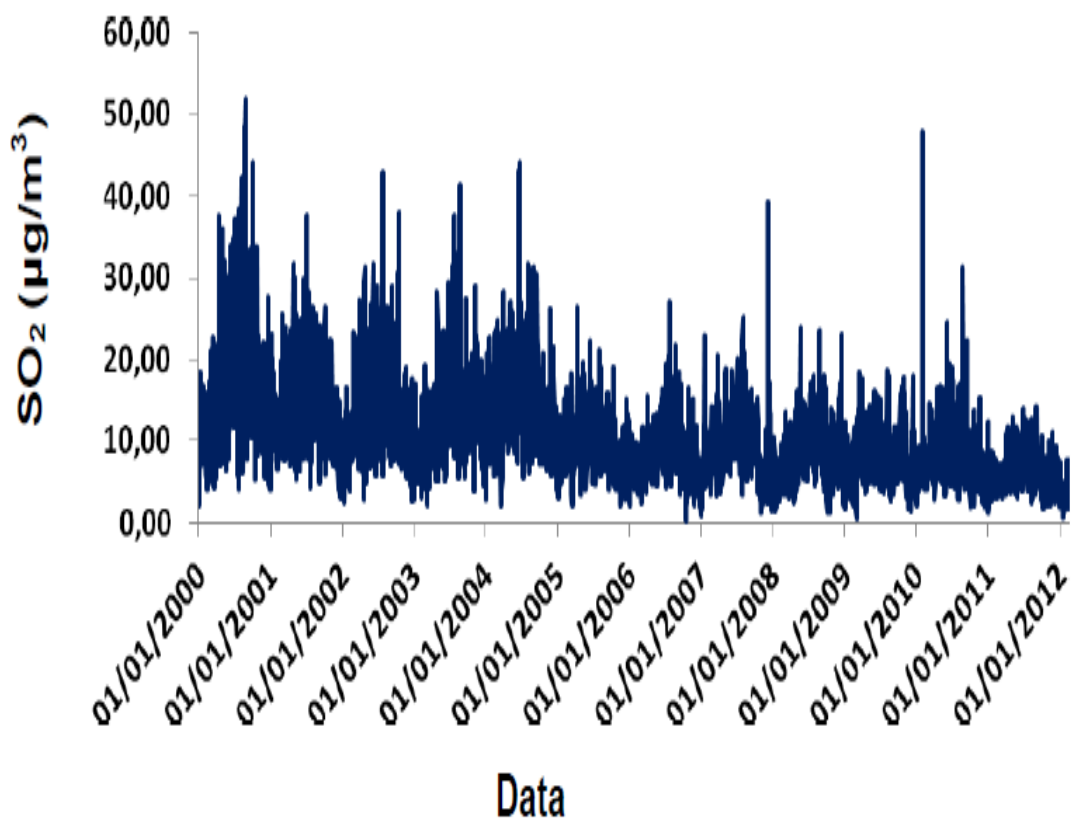
No gráfico 3 observa-se que na série de tempo realizada para o NO₂, este poluente ultrapassou seu limite diário de qualidade do ar (320µg/m³) 2 vezes em 2003, e para a média anual, o mesmo manteve-se acima do seu padrão de qualidade (100µg/m³) em praticamente todo o período do estudo.

Gráfico 3: Série de tempo para o NO₂ (µg/m³) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.



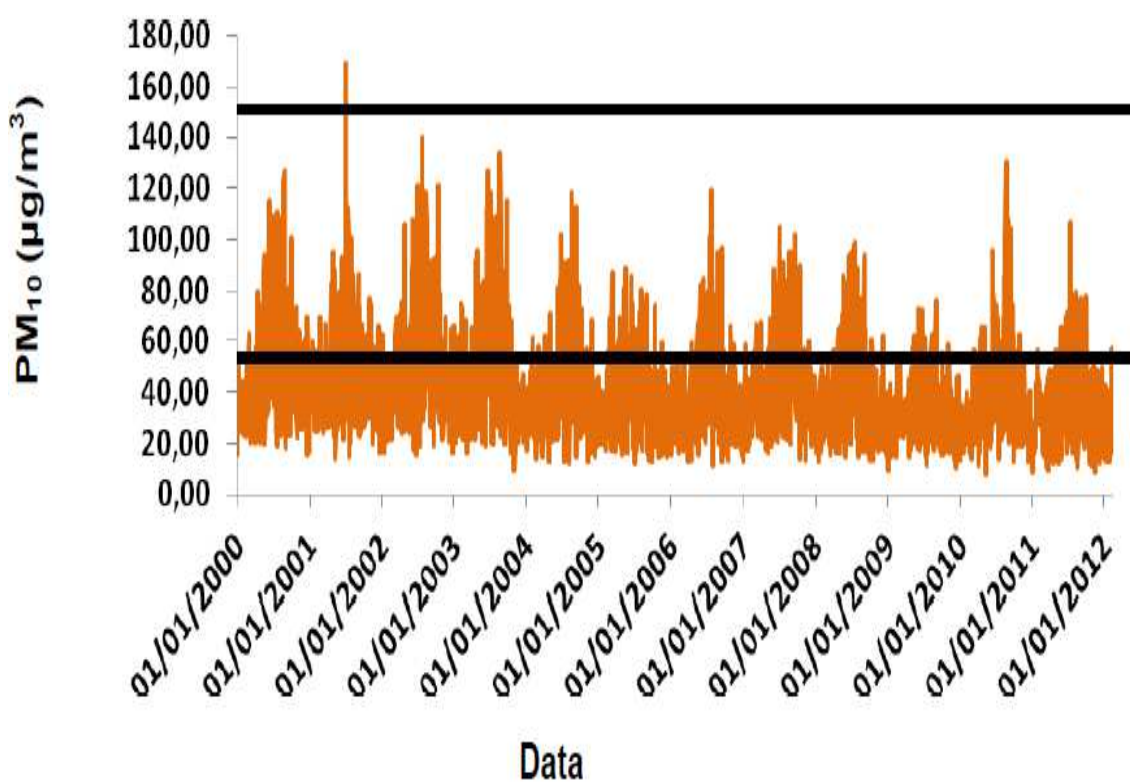
Já para o componente SO₂, observa-se no gráfico 4 que na série de tempo realizada entre 2000 e 2012, não ultrapassou seu limite diário de qualidade do ar (365µg/m³) em nenhum momento do estudo.

Gráfico 4: Série de tempo para o SO₂ (µg/m³) no município de São Paulo para períodos de 2000 a 2012.



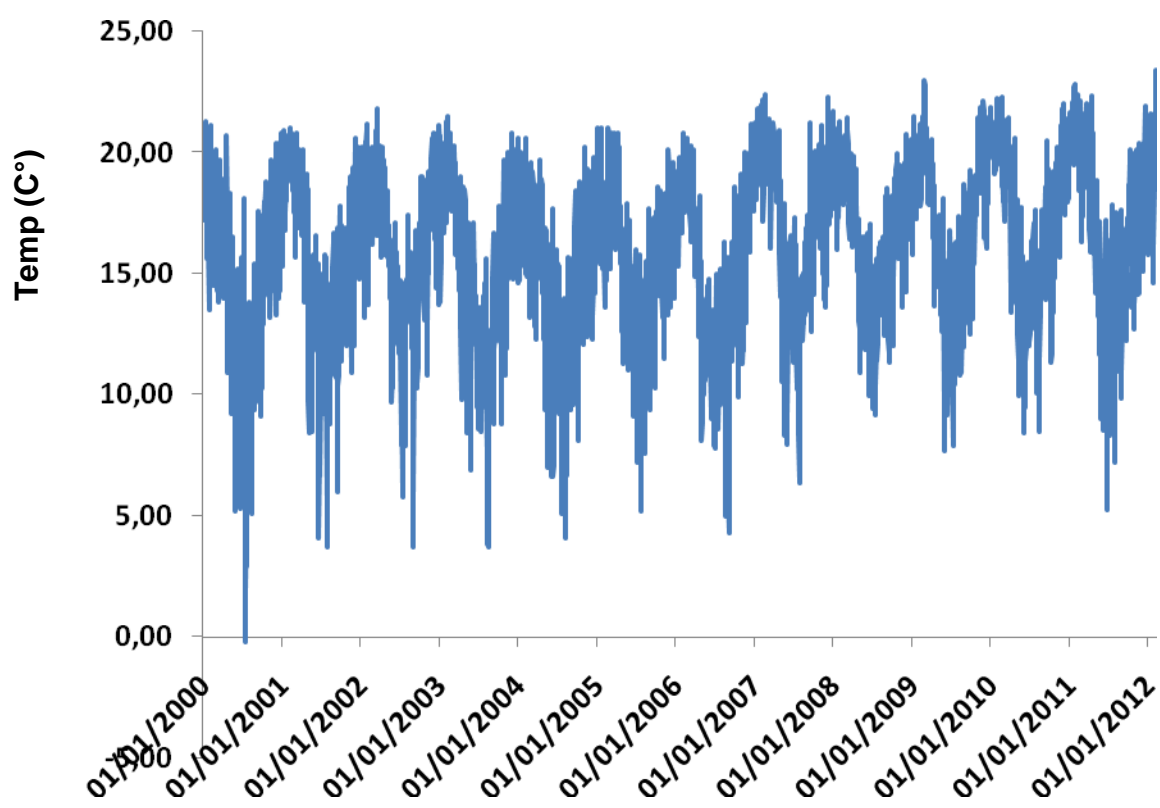
No gráfico 5 observa-se na série de tempo realizada para o PM_{10} que ultrapassou seu limite diário de qualidade do ar ($150\mu g/m^3$) 1 vez em 2001, mas para a média anual este poluente manteve elevado seu padrão de qualidade do ar ($50\mu g/m^3$) em praticamente todo o período do estudo.

Gráfico 5: Série de tempo para o PM_{10} ($\mu g/m^3$) no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.



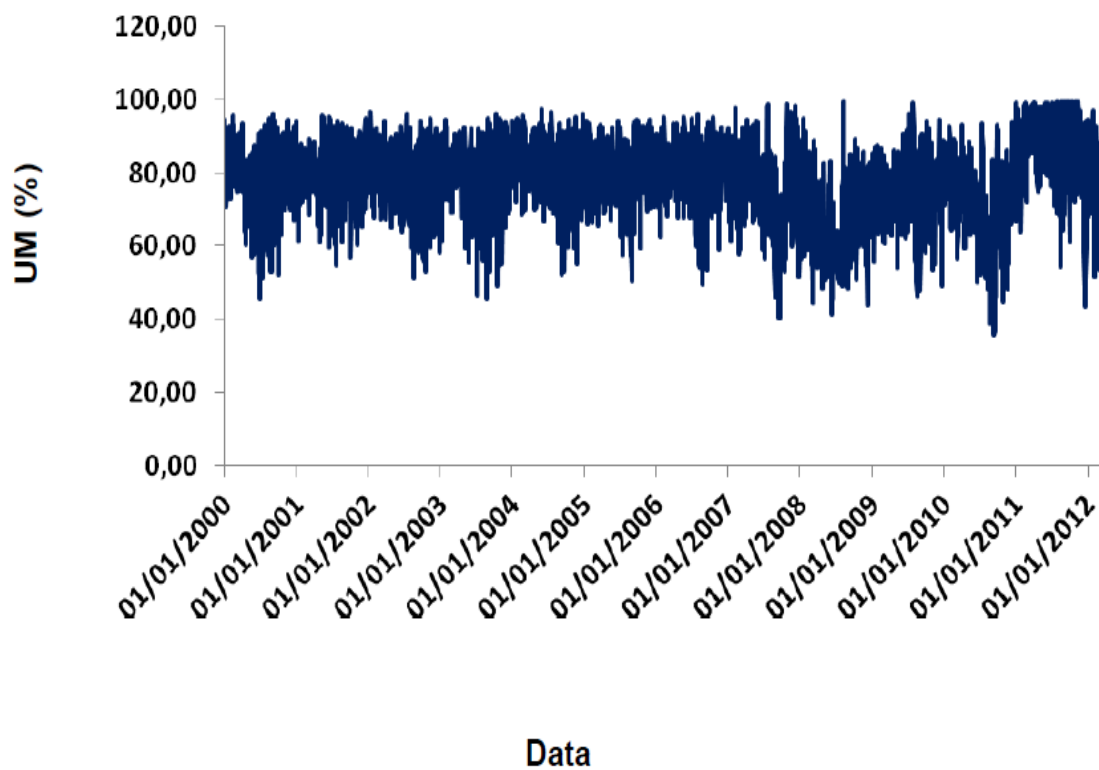
Analisando o gráfico 6 na série de tempo realizada para a temperatura mínima, podemos observar que o município de São Paulo não apresentou temperaturas extremamente baixas, exceto em apenas um dia do ano 2000 a temperatura foi de $-0,2^{\circ}\text{C}$.

Gráfico 6: Análise de série de tempo para a temperatura mínima no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.



No gráfico 7 observamos a série de tempo realizada para a umidade média. No município de São Paulo a variação da umidade média é maior quando comparados com os municípios de Santos e Cubatão.

Gráfico 7: Análise de série de tempo para e umidade média no município de São Paulo para os anos de 2000 a 2012.



Na tabela 7 observa-se que os poluentes estão diretamente correlacionados entre si e inversamente correlacionados com as variáveis climáticas.

Tabela 7: Coeficiente de correlação de Pearson para os poluentes e variáveis climáticas para o município de São Paulo.

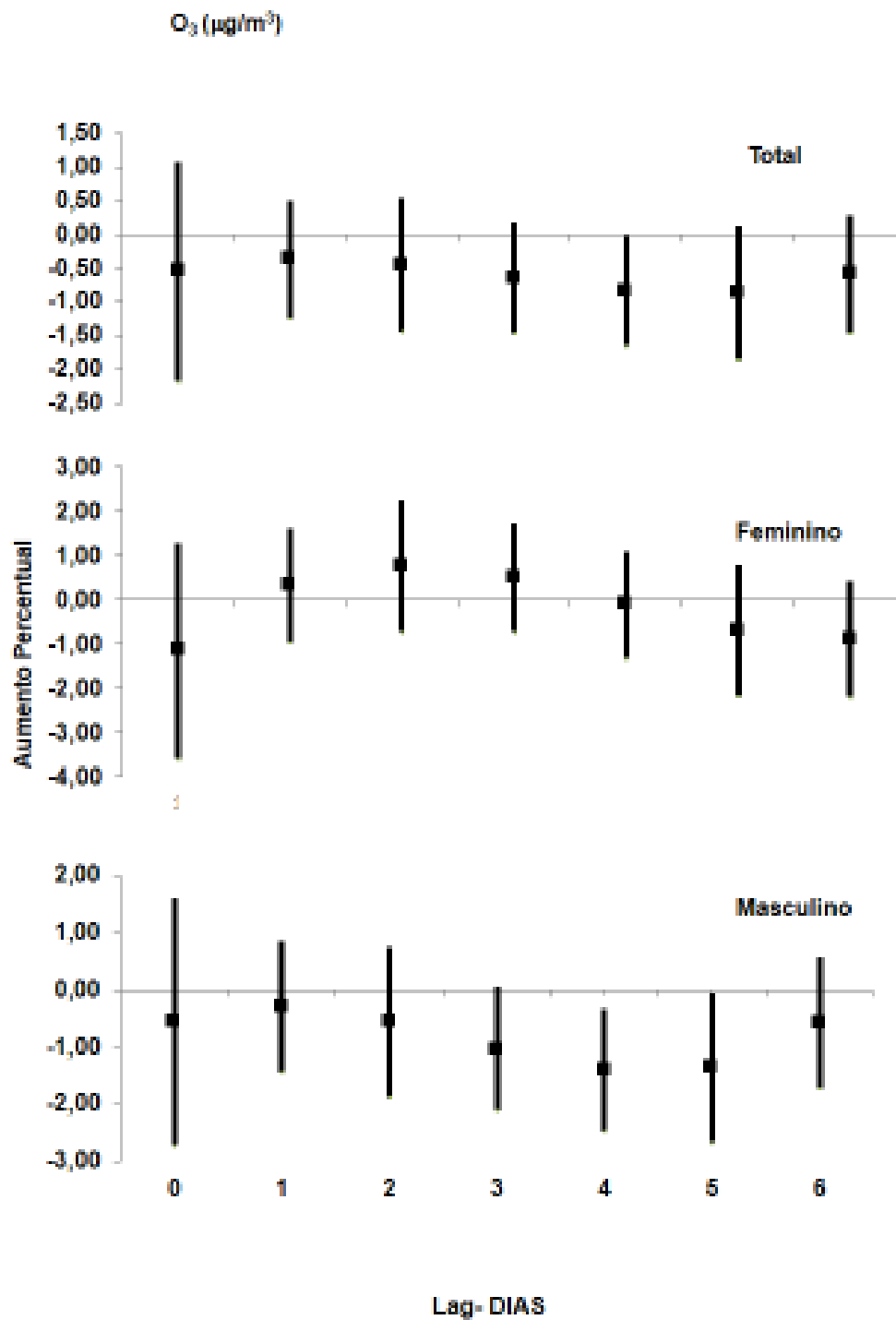
	O ₃ (µg/m ³)	CO ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)	PM ₁₀ (µg/m ³)	Temperatura mínima (°C)	Umidade média (%)
O₃ (µg/m³)	1,000						
CO (ppm)	0,135**	1,000					
NO₂ (µg/m³)	0,424**	0,693**	1,000				
SO₂ (µg/m³)	0,199**	0,608**	0,592**	1,000			
PM₁₀ (µg/m³)	0,500**	0,635**	0,738**	0,620**	1,000		
Temperatura mínima (°C)	0,202**	-0,234**	-0,164**	-0,363**	-0,210**	1,000	
Umidade média (%)	-0,403**	-0,088**	-0,273**	-0,231**	-0,421**	0,010	1,000

Dos cinco poluentes analisados na cidade de São Paulo, apenas o O₃ não evidenciou um efeito agudo estatisticamente significativo para o desfecho e faixa etária.

Os poluentes PM₁₀, SO₂, NO₂ e CO apresentaram efeitos agudos e estatisticamente significativos.

Na figura 13 observa-se as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do O₃ nas interações por IAM total, feminino e masculino, o qual não evidenciou efeito.

Figura 13 - Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por $IAM_{\geq 60}$ total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de O_3 ($52,17\mu g/m^3$).



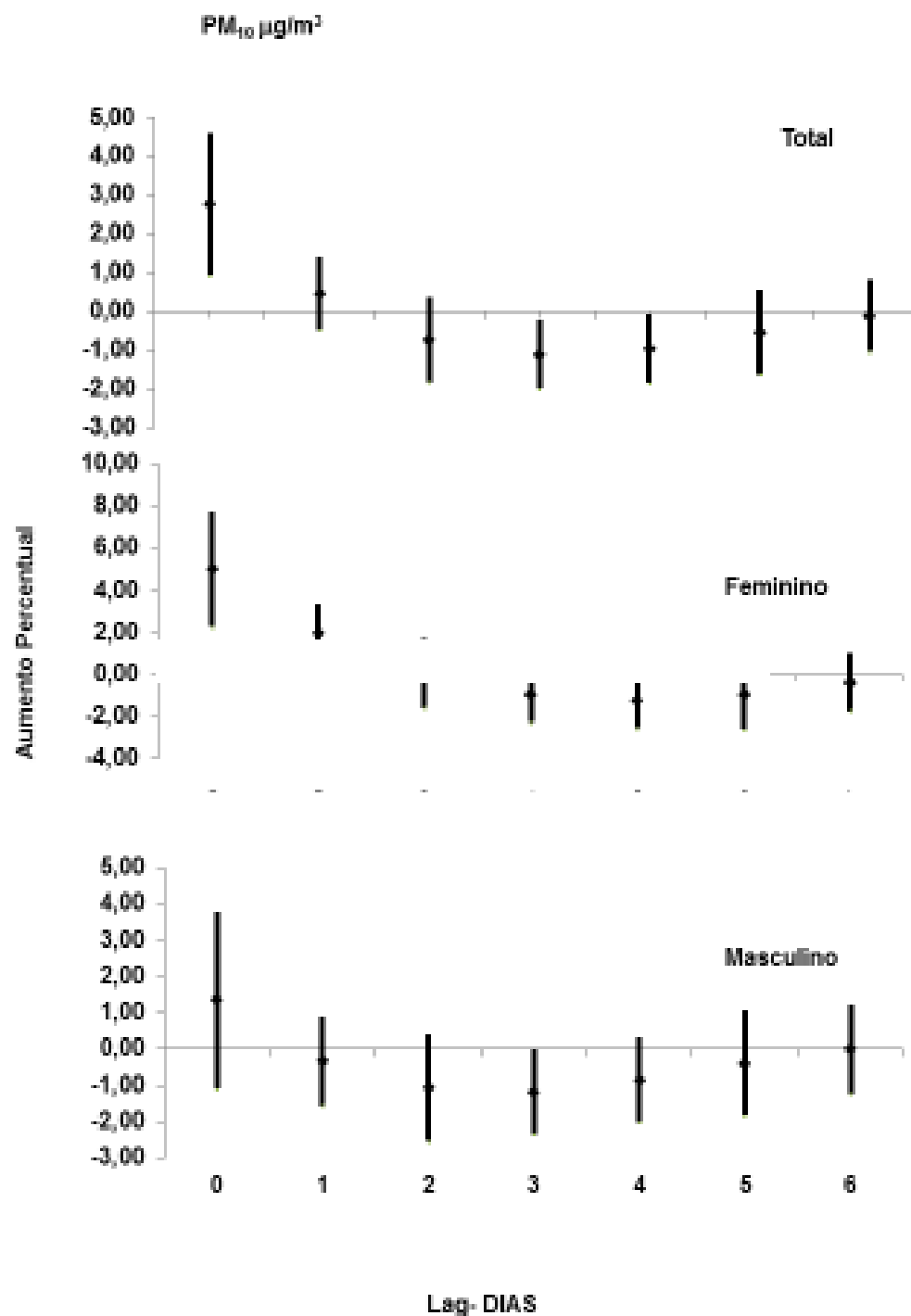
Na Figura 14, observam-se as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do PM₁₀ nas internações de idosos por IAM.

Para o total de internações observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Para o aumento de um interquartil (24,42µg/m³) de PM₁₀, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,77% (IC95%: 0,93-4,61).

Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição e no primeiro dia após a exposição. Para o aumento de um interquartil (24,42µg/m³) de PM₁₀, observou-se um aumento no número de internações em 5,02% (IC95%: 2,28-7,77).

Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo.

Figura 14 – Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por $IAM_{\geq 60}$ total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de PM_{10} ($24,42\mu g/m^3$).

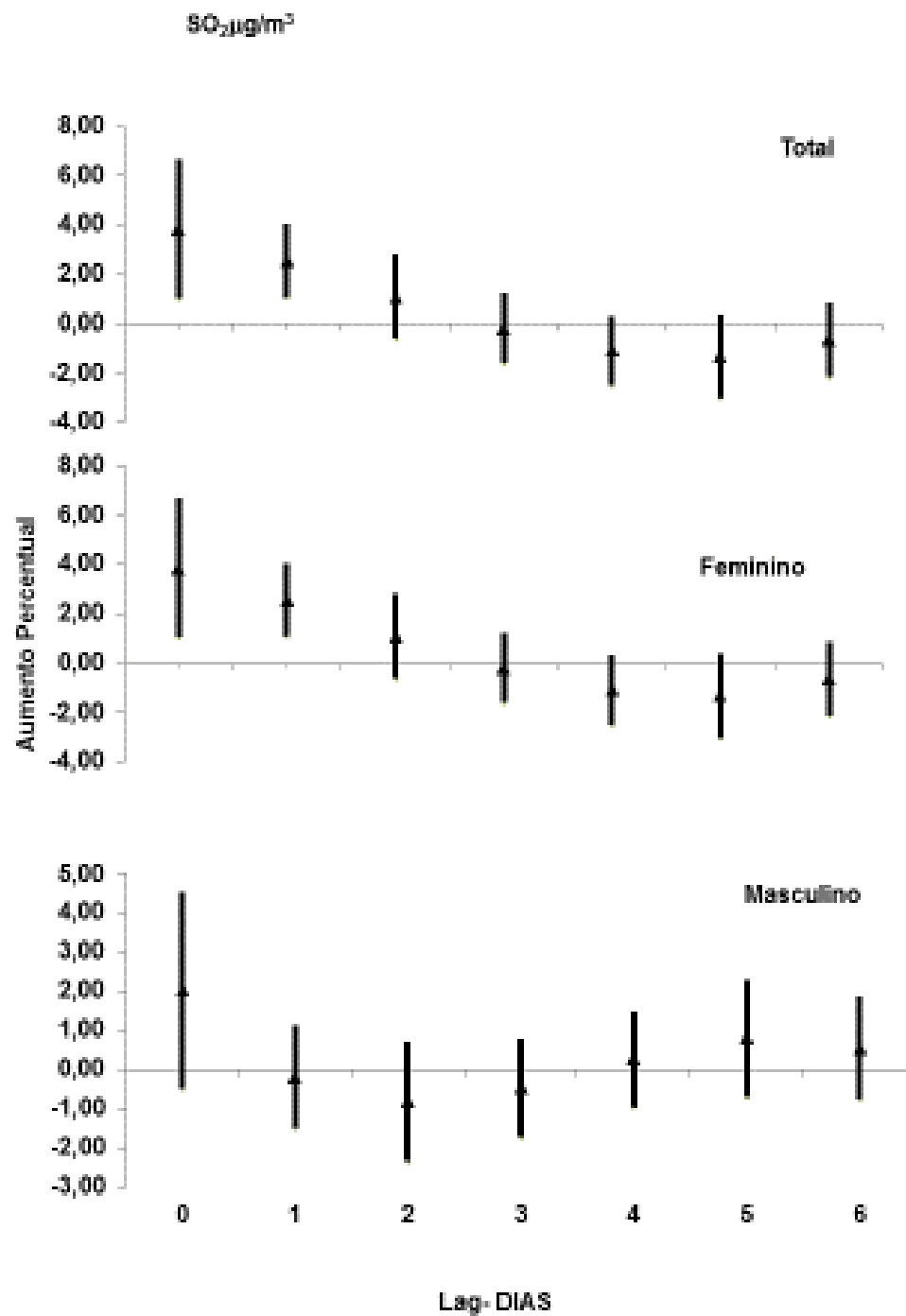


A figura 15 apresenta as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do SO₂ nas internações de idosos por IAM. Para o total de internações observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição.

Para o aumento de um interquartil (7,48µg/m³) de SO₂, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,86% (IC95%: 0,97-4,75). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição e no primeiro dia após a exposição. Para o aumento de um interquartil (7,48µg/m³) de SO₂, observou-se um aumento no número de internações em 3,84% (IC95%: 1,03-6,65).

Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo.

Figura 15 – Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas interações por $IAM_{\geq 60}$ total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de SO_2 ($7,48\mu g/m^3$).

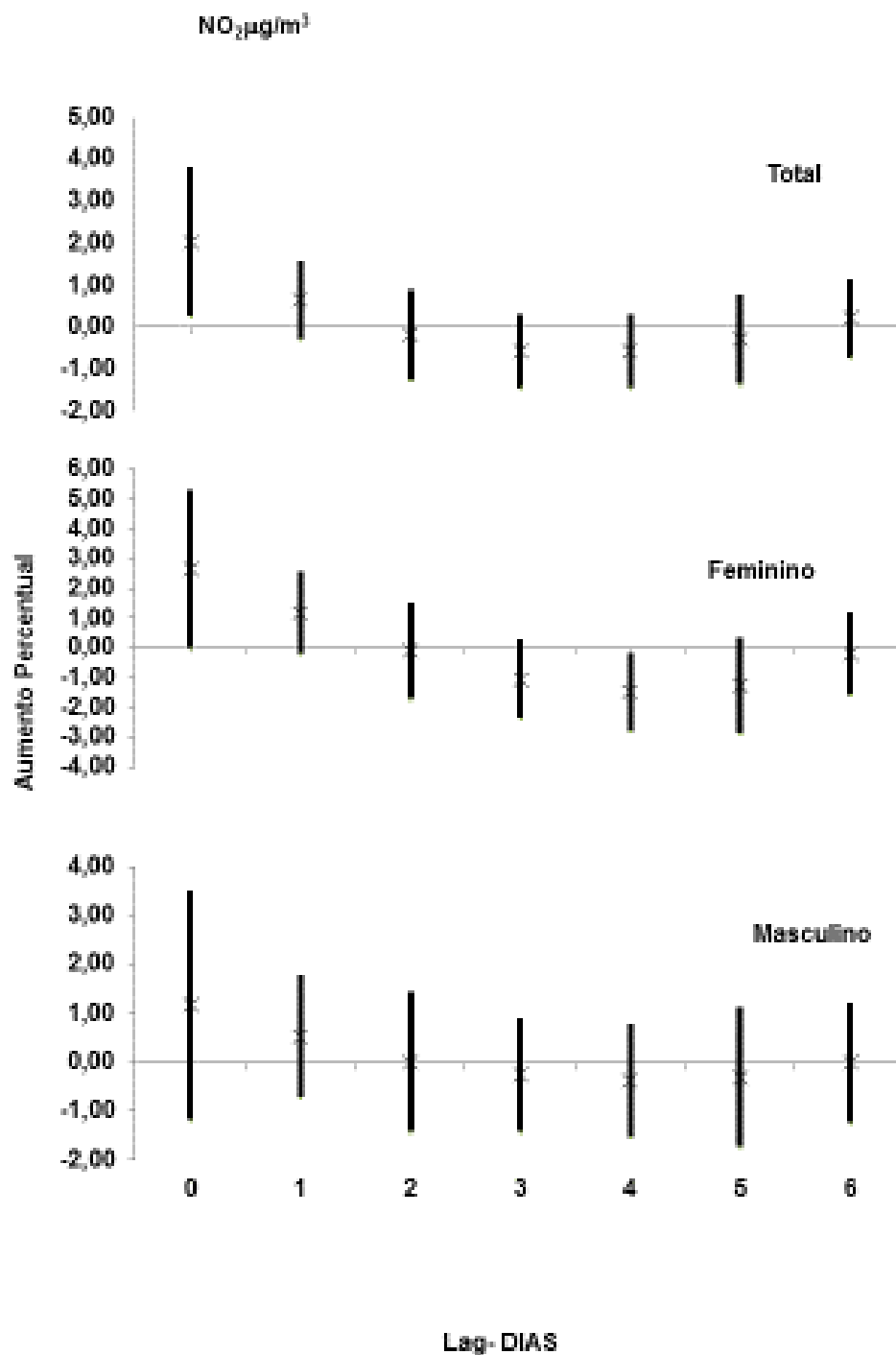


A figura 16 apresenta as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do NO₂ nas internações de idosos por IAM. Para o total de internações observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição e um dia depois.

Para o aumento de um interquartil (51,89 µg/m³) de NO₂, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,04% (IC95%:0,27-3,80). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Com aumento de um interquartil (51,89µg/m³) de NO₂, observou-se um aumento no número de internações em 0,02 - 5,30% (IC95%: 1,03-6,65).

Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo.

Figura 16 - Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas internações por IAM_{≥60} total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de NO₂ (51,89μg/m³).

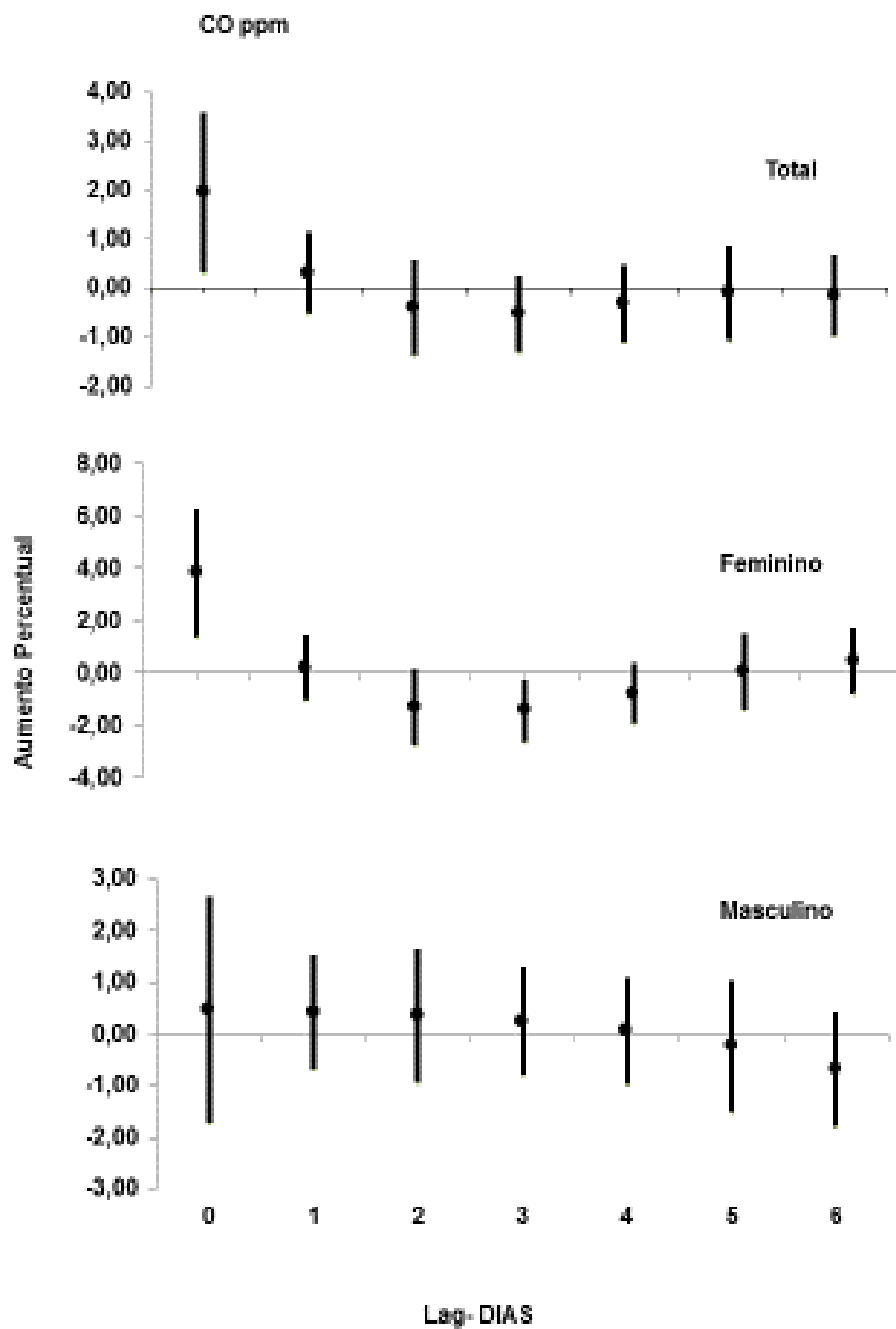


A figura 17 apresenta as estimativas de efeito e estrutura de defasagem do CO nas internações de idosos por IAM. Para o total de internações observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição.

Para o aumento de um interquartil ($1,33\mu\text{g}/\text{m}^3$) de CO, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 1,95% (IC95%:0,31-3,58). Para as internações do gênero feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Para o aumento de um interquartil ($1,33\mu\text{g}/\text{m}^3$) de CO, observou-se um aumento no número de internações em 3,83% (IC95%: 1,39 - 6,26).

Para as internações do gênero masculino, não se observa efeito agudo.

Figura 17 - Estrutura de defasagem das estimativas diárias de aumento percentual e respectivo intervalo de confiança de 95%, nas internações por IAM_{≥60} total, feminino e masculino, devido ao aumento de um interquartil na concentração de CO (1,33ppm).



5. DISCUSSÃO

Este estudo confirmou que há relação entre Poluição do Ar e Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) entre idosos na cidade de São Paulo nos anos de 2000 a 2012, analisando o banco de dados do DATASUS, seguindo a trajetória de estudos existentes sobre o tema estudado.

A partir de uma revisão de literatura utilizada no trabalho percebeu-se que os autores (KODAVANTI, et al 2003; BROOK 2004 et al; BALLESTER et al, 2005) concordam que o monitoramento de componentes nocivos à saúde lançados na atmosfera continua sendo necessário, e que entre grupos mais vulneráveis, com maior importância os idosos, a poluição do ar contribui para as doenças do coração e, particularmente nesse estudo, o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM).

Sendo assim, o estudo desse tema se justifica pela sua importância, uma vez que nas grandes cidades tanto a poluição do ar como os casos de Infarto Agudo do Miocárdio estão em grande processo de crescimento, associados pelo modo de vida da população (MARTINS, 2010).

Segundo Martins (2010), alguns fatores de risco para doenças do coração são bem conhecidos, dentre eles o colesterol alto, o tabagismo, o diabetes, e o sedentarismo. Somado a esses fatores, esse trabalho demonstrou que os fatores ambientais acabam por contribuir como coadjuvantes para o aparecimento das doenças do coração, especialmente o Infarto Agudo do Miocárdio.

O trabalho revelou também que a avaliação do impacto global da poluição do ar na saúde, por meio de estudos de séries temporais, é importante para fortalecer a implantação da vigilância em saúde ambiental pelo setor saúde. Seu resultado mostra a estimativa direta do risco de adoecimento da população em função da variação das concentrações dos poluentes atmosféricos. Os impactos identificados podem ser monitorados ao longo do tempo, permitindo a avaliação da eficácia de medidas de controle (NARDOCCI et al 2013).

Percebeu-se que a cidade de São Paulo e sua região metropolitana constitui-se de grande importância no cenário industrial e econômico do Brasil.

Pelas ruas da capital paulistana trafegam centenas de milhares de automóveis, lançando na atmosfera milhões de toneladas de poluentes, os quais, como aponta este trabalho, acabam por trazer graves danos à saúde, com atenção maior aos pacientes idosos. (MARTINS et al 2006)

De acordo com Santos et al (2005), é necessário o estabelecimento de algumas políticas e programas que contribuam para melhoria e diminuição da emissão de gases, tais como: redução das emissões industriais, banimento do uso de combustíveis sólidos nos domicílios, estímulo ao uso de transportes coletivos em vez de individuais, incentivo ao uso de combustíveis menos poluentes como álcool, biodiesel e gás, e melhoria dos combustíveis, ainda muito misturados com substâncias tóxicas, também acelerar a melhoria da qualidade dos motores a combustão, inclusive motos, bem como estimular a produção e o uso de energia solar e eólica, e também como de biomassa gerada pela queima industrializada de cana-de-açúcar e lixo, proibição de queimadas nas colheitas de cana-de-açúcar e florestas. (SANTOS et al 2005)

Como medida coadjuvante a fim de prevenir o problema do adoecimento da população, Santos et al (2005) recomenda evitar a criação de escolas próximo a grandes vias de automóveis e indústrias, evitar a prática de atividades físicas em vias de grande tráfego de veículos e, finalmente, crianças, idosos e pessoas com morbidades, devem evitar a prática de exercícios físicos quando os níveis de poluentes estiverem alterados (condições inadequadas, má ou péssima, segundo as medições oficiais).

Há um alerta de cuidado quando se pensa em não recomendar a prática de exercícios físicos em lugares com grande tráfego de veículos poluidores do ar, a fim de não se desestimular a saudável prática de exercícios. Como contribuição desse trabalho, sugere-se que as autoridades, através dos meios de comunicação, televisão, mídias sociais, internet, rádio e jornais, coloquem a população sempre informada sobre as condições ambientais de poluição, bem como os melhores locais de práticas de esportes e lazer.

5.1. Síntese dos Resultados

O estudo mostrou uma relação positiva e estatisticamente significativa entre a exposição aos poluentes do ar na cidade de São Paulo e o Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) para adultos idosos, acima de 60 anos de idade.

Para a faixa etária pesquisada no estudo do Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), levando-se em consideração o gênero feminino e a relação com alguns poluentes, observou-se um padrão comum de estrutura de defasagem, com efeitos positivos e agudos, iniciando-se no dia da exposição e prolongando-se por até um dia após a exposição.

Percebe-se que quando comparado os dois grupos, masculino e feminino, o grupo feminino demonstra-se mais suscetível ao IAM, corroboram com esses resultados, os estudos sobre doenças cardiovasculares e IAM de vários autores Bellasi et al (2007).

A análise dos cinco poluentes na cidade de São Paulo, O₃, PM₁₀, SO₂, NO₂ e CO, revelou que apenas o O₃ não evidenciou um efeito agudo estatisticamente significativo para o desfecho Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) dentro da faixa etária estudada.

Percebeu-se que a faixa etária estudada, idosos a partir dos 60 anos de idade, apresenta-se suscetível, especialmente por suas condições fisiológicas, com todos os poluentes, exceto o O₃, apresentando efeitos agudos positivos e significativos, confirmando para essa conclusão, os estudos de Martins et al (2006).

Merece nota de destaque a situação do O₃, o qual, de acordo com Santos (2005), vem merecendo destaque nos últimos anos, até pelo melhor controle dos demais em muitas cidades, e pela redução da camada protetora de ozônio na estratosfera (camada entre 15 e 50 km de altura, localizada entre a troposfera, inferior, e a mesosfera, superior), provocada pelos gases de efeito estufa, que facilita que os raios solares Ultra Violeta (UV) atinjam com maior intensidade a troposfera, com diversos estudos evidenciando a associação com aumento da morbimortalidade por doenças cardiorrespiratórias. (SANTOS, 2005)

No poluente PM_{10} , nosso estudo demonstrou que nas internações de idosos por Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), observou-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Para o aumento de um interquartil ($24,42\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} , observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,77% (IC 95%: 0,93-4,61).

É interessante perceber que, para os idosos do sexo feminino, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição e no primeiro dia após a exposição, sendo que para o aumento de um interquartil ($24,42\mu\text{g}/\text{m}^3$) de PM_{10} observou-se um aumento de internações em 5,02% (IC 95%: 2,28-7,77). Já para as internações do sexo masculino não se observa efeito agudo do PM_{10} .

Apesar de não ser um achado universal, a maioria dos estudos de coorte em diversas populações mundiais ligam a exposição ao ar contaminado a longo prazo com um risco aumentado de doenças coronárias fatais ou não. Nos Estados Unidos da América, uma análise de mais de 65.000 entre mulheres na pós-menopausa mostrou aumento de 21% (IC 95% 4 - 42%) na incidência de doenças do coração combinando fatal e não-fatal para presença de $10\text{mg}/\text{m}^3$ em $PM_{2.5}$. (NEWBY, 2014)

Outro estudo encontrou crescimento de 12% (1-25%) de risco aumentado por $10\text{mg}/\text{m}^3$ de PM_{10} e um 13% (22-30%) o aumento do risco de eventos coronarianos por $5\text{mg}/\text{m}^3$ aumento $PM_{2.5}$ em mais de 100.000 participantes de 11 grupos em toda a Europa. Mais importante ainda, associações positivas também foram observadas abaixo do limite anual recomendada atual pela Agência Europeia de Meio Ambiente (EPA) para $PM_{2.5}$ e PM_{10} (NEWBY, 2014)

Estudos similares foram realizados na China e apontaram, segundo Newby (2014), o aumento das morbidades em 35% e 83% na exposição $PM_{2.5}$ e PM_{10} de longo prazo respectivamente. Da mesma forma, a exposição cumulativa a ambos PM_{10} e NO_2 ao longo de um período de 12 anos foi associada a um aumento da morbidade cerebrovascular no mesmo estudo.

Ainda, segundo Newby (2014), os poluentes do ar podem prejudicar a sensibilidade à insulina. Como tal, as exposições $PM_{2.5}$ a longo prazo podem promover o desenvolvimento de diabetes mellitus ostensiva potencialmente através de respostas inflamatórias sistêmicas.

No caso do poluente SO₂, nas internações de idosos por IAM, observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia da exposição. Para um aumento de um interquartil (7,48µg/m³) de SO₂, observou-se um aumento no total de internações de idosos por IAM em 2,86% (IC95%: 0,97-4,75).

Para as pessoas do sexo feminino observa-se um efeito agudo e estatisticamente significativo no dia e no primeiro dia após a exposição. Para o aumento de um interquartil (7,48µg/m³) de SO₂, observou-se um aumento no número de internações em 3,84% (IC95%: 1,03-6,65). Para as pessoas do sexo masculino não se observa efeito agudo desse poluente.

Desde o ano de 2001 vários estudos colocam o sexo feminino com o maior índice de IAM. Pimenta et al (2001), realizaram um estudo com 600 pacientes e verificaram que o sexo feminino era um fator independentemente relacionado à morbidade hospitalar no IAM, o resultado confirmou, após ajuste para todas as variáveis de risco, ser o sexo feminino uma variável independentemente relacionada com a mortalidade hospitalar por IAM, especialmente nas mulheres com idade mais avançada, assim a presente pesquisa confirma o trabalho desses autores.

Uma década depois, Martins (2010) em seu estudo ajuda a compreender que, ao comparar-se alguns resultados de estudos realizados no mundo, o potencial efeito de gênero na associação entre poluentes do ar e o IAM, por exemplo, já havia sido explorado anteriormente por Hong et al (2003) e por Koken et al (2003).

Esses autores concluíram que além dos efeitos dos poluentes atmosféricos, as quedas nas temperaturas climáticas também influenciam nos casos de Infarto Agudo do Miocárdio (IAM) em Seul, na Coreia do Sul, e encontraram uma maior susceptibilidade para as mulheres idosas, entretanto, não conseguiram definir um padrão claro de diferença entre os gêneros.

Bellasi et al (2006) afirma que a doença arterial coronariana é a principal causa de morte em mulheres e estas morrem mais do que os homens dessa doença. Esses autores apontam que o início da doença é dez anos mais tarde em mulheres do que em homens, mas a prevalência em mulheres após a menopausa aumenta rapidamente e aproxima-se dos homens na sétima década de vida.

Bellasi et al (2006) discute o prognóstico do IAM afirmando que em mulheres ele é pior. Afirmam ainda esses autores que, mesmo que o avanço do diagnóstico precoce e do tratamento da doença arterial coronariana e do IAM seja uma realidade nos dias atuais, diminuindo em 35 a 50% a taxa de mortes, em mulheres a taxa ainda é bem menor do que nos homens. O prognóstico, após IAM em mulheres, é pior do que nos homens.

Conforme exposto acima, o trabalho seguiu diversos estudos (BRAGA et al, 1999; SCHWARTZ J, DOCKERY D.W, NEAS L.M, 1996) os quais já foram desenvolvidos visando avaliar a associação entre a poluição do ar e casos de morbidade humana em diversas localidades, sendo seus resultados importantes para determinar principais doenças e poluentes relacionados, a existência de grupos e fatores de risco, etc., facilitando o direcionamento das políticas públicas voltadas à resolução do problema ambiental em questão.

Santos et al (2005) afirma que embora existam estudos revelando efeitos nocivos à saúde para todos os poluentes, o mais estudado e sobre o qual existem dados mais consistentes é o material particulado, uma mistura de partículas líquidas e sólidas, de variada composição química, contendo silicatos, metais, carbono, hidrocarbonetos, antígenos animais e vegetais.

5.2. Síntese da Metodologia Utilizada no Estudo

A população estudada foi a de idosos com mais de 60 anos acometidos por IAM, de acordo com o banco de dados do DATASUS.

De acordo com Martins (2010), desde a década de 1990 que vários autores estudando a relação da poluição do ar sobre a saúde humana, utilizaram modelos de regressão linear. (SALDIVA et al, 1994; SALDIVA et al, 1995; MIRAGLIA et al, 1997; PEREIRA et al, 1998.)

A partir dos anos 2000 os modelos aditivos generalizados do novo século passaram a ser utilizados (BRAGA et al, 2001; CONCEIÇÃO et al, 2001; MARTINS et al, 2001; MARTINS et al, 2002; LIN et al, 2003) bem como os modelos lineares generalizados (MARTINS et al, 2004), assim, a técnica de

análise desses estudos de séries temporais evoluiu e se firmou como uma ferramenta de grande utilidade e precisão. (MARTINS, 2010)

Os estudos ecológicos fazem uso de dados secundários e por isso geralmente são mais rápidos e mais baratos do que os estudos que abarcam o indivíduo como unidade de análise. Desde a década de 1990, estudos epidemiológicos ambientais analisam os efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população na cidade de São Paulo (MEDRONHO, 2002).

No passado, os estudos ecológicos eram utilizados apenas para se levantar hipóteses e eram analisados através de modelos de correlação. Porém, precisavam ser confirmados ou não, por estudos com base individual. Recentemente novas técnicas estatísticas de análises mais avançadas deram a estes estudos maior importância. (MEDRONHO, 2002).

A utilização de modelos de regressão possibilitou a incorporação de variáveis de confusão da relação entre poluição do ar e as doenças. (SCHWARTZ, 2004). Um avanço significativo foi a adoção de modelos de regressão de Poisson para as análises estatísticas dos estudos ecológicos de séries temporais. Os modelos lineares generalizados aumentam a precisão das estimativas e possibilitam aos estudos ecológicos testar hipóteses etiológicas e avaliar a eficácia de intervenções na população (BRAGA, 1998).

São de grande importância os estudos que problematizam e propõem soluções para melhoria da relação homem / meio ambiente, especialmente aqueles voltados à saúde humana. Autores como Braga, Zanobetti e Schwartz (2001), por exemplo, já no começo do século XXI fizeram um estudo sobre os efeitos da temperatura na mortalidade total em 12 cidades norte-americanas (MARTINS, 2010). Isto ressalta a relevância e a importância do investimento em pesquisa científica.

O estudo, em seu capítulo três, segue o modelo ecológico de séries temporais. Foi utilizado o banco de dados do DATASUS, e foi estudado na cidade de São Paulo um grupo de idosos de ambos os sexos, internados com IAM, os dados estão agrupados entre os anos 2000 a 2012. Os estudos ecológicos utilizam-se de dados secundários.

Os estudos epidemiológicos de séries temporais “democratizaram”, em especial, a epidemiologia ambiental. Baixo custo e rapidez de execução levaram a uma disseminação de estudos focando os efeitos agudos dos

poluentes do ar sobre a saúde (MARTINS, 2010). Desde a década de 1990, de acordo com Medronho (2002), os estudos epidemiológicos ambientais estudam a poluição do ar e seus efeitos a saúde na cidade de São Paulo.

Foram estimados os efeitos das exposições aos poluentes em uma estrutura de defasagem de 7 dias (dia da exposição e até 6 dias após a exposição) utilizando-se polinômios de terceiro grau que permitem estimativas flexíveis e mais estáveis do que os modelos sem restrição (ZANOBETTI et al, 2002; MARTINS et al, 2006).

5.3. A Contextualização dos Resultados

5.3.1 Os efeitos dos poluentes

Não revela novidade dizer que na cidade de São Paulo há enorme presença de poluentes ambientais, resultado especialmente da presença dos veículos automotivos e suas queimadas de combustão, os quais afetam diretamente a saúde das pessoas.

Santos, et. al., (2005) afirma que os efeitos dos poluentes dependem das suas características físico-químicas, da concentração no ar que respiramos, da quantidade inalada, que tem relação com esforço físico, do tempo que os indivíduos permanecem expostos e, no caso do material particulado, das dimensões, com a maioria dos estudos sugerindo que as partículas finas e ultrafinas são mais nocivas.

Partículas menores possuem, proporcionalmente, maior número de átomos na superfície, aumentando exponencialmente quando abaixo de 30 nanômetros, o que as tornam mais reativas em contato com a camada de revestimento das vias aéreas. (SANTOS, 2005)

É de fundamental importância para a programação de medidas efetivas em saúde pública e para a identificação de indivíduos de alto-risco, conhecer a distribuição e como têm evoluído ao longo do tempo os condicionantes e determinantes das doenças cardiovasculares em idosos, bem como as prováveis causas desses condicionantes e determinantes, dentre as quais está

a poluição do ar. Essa é a maior justificativa para a razão de ser desse trabalho.

Os resultados deste trabalho confirmam estudos anteriormente realizados como Martins (2010); Santos (2010); Braga, Zanobetti e Schwartz (2001), os quais demonstram que a elevação dos níveis de poluição do ar na cidade de São Paulo e as variações de temperatura aumentam os casos de IAM, e que foram medidas pelo número de internações nos hospitais do SUS, através do DATASUS. Podemos, então, dizer que esse é o primeiro dos resultados observados nesse trabalho, e contribui para reforçar a relação causal entre a exposição aos fatores ambientais aqui analisados com o IAM. (MARTINS, 2010)

6. CONCLUSÃO

Como considerações finais o trabalho revelou o seguinte: Há uma relação entre poluição do ar e Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), e que os idosos estão incluídos no grupo de pessoas mais sujeitas a morbidade, dos quais as mulheres idosas são mais afetadas por essa morbidade, especialmente depois da sétima década de vida, conforme já colocado na discussão desse trabalho.

Além disso, o trabalho traz como sugestão que as autoridades de saúde devem continuar monitorando a qualidade do ar para que os níveis de poluição sejam controlados e a saúde das pessoas seja melhor atendida. Para isso, o controle de veículos na cidade de São Paulo necessita continuar acontecendo, uma vez que eles são as principais causas de poluição. A cidade de São Paulo, a maior do Brasil, tem o trânsito de automóveis mais concentrado do país, o qual lança na atmosfera centenas de milhares de toneladas de substâncias químicas poluentes, os quais na saúde de grupos mais suscetíveis, como os idosos, por exemplo, acabam por trazer sérios prejuízos à saúde.

Finalmente, o trabalho não teve a pretensão de esgotar o assunto, mas de contribuir com achados anteriores e levantar mais questões que, no futuro, podem ser melhor investigadas. Deseja seguir a contribuição dos autores pesquisados, a qual se dá no campo universitário, porque seus trabalhos, livros, artigos e demais escritos, auxiliam como fonte de pesquisa para os estudantes que se interessam pelo tema.

Esse assunto necessita ser continuado, enriquecido e aprofundado, para que as pessoas que fazem a lei em nosso país levem em consideração o tema da poluição do ar para melhorar a saúde das pessoas.

Uma palavra de gratidão e reconhecimento à todas as pessoas que contribuíram para elaboração desse trabalho, as quais contribuem de alguma forma para que as pesquisas avancem e tenhamos sempre dados atualizados sobre esses importantes estudos no campo da Saúde e Meio Ambiente.

7. REFERÊNCIAS

American Heart Association (AHA). American Stroke Association. **FACTS. Danger in the Air: Air Pollution and Cardiovascular Disease.** Fevereiro/2014. Disponível em: http://www.heart.org/idc/groups/heart-public/@wcm/@adv/documents/downloadable/ucm_463344.pdf. Acesso em: 16/04/2015.

ANOOP, S.V. et al. **Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis.** The Lancet – 2013, V.382, p. 1039-1048. Set. 2013.

ARBEX et al. **A poluição do ar e o sistema respiratório.** J. Bras. Pneumol. 2012;38(5):643-655. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/40293/S1806-37132012000500015.pdf?sequence=1>. Acesso em 16/04/2015.

BALLESTER, F. et al. **Air pollution and cardiovascular admissions association in Spain: results within the EMECAS Project.** J. Epidemiol. Community Health. 2006;60;328-336. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1740289/pdf/v059p00300.pdf>. Acesso em: 30/03/2015.

BARBOSA, G.C. **O Modelo aditivo generalizado e a técnica de Bootstrap: uma associação entre o número de atendimentos hospitalares por causas respiratórias e qualidade do ar.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. ES: 2009.

BARBOSA, S.M.M. **Estudo da influência de fatores ambientais sobre o desencadeamento da crise alérgica em crianças e adolescentes portadores de anemia falciforme na cidade de São Paulo.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. SP: 2006.

BELLASI, A. et al. **New insights into ischemic heart disease in woman.** Cleveland Clinic Journal of Medicine. Volume 74. Number 8. Pp. 585 – 594. Cleveland,USA. 2007.

BELOTTI, L. **Efeitos cardiopulmonares da exposição ao material particulado fino (MP_{2,5}), proveniente do concentrador de partículas ambientais (CPA) na hipertrofia ventricular esquerda de ratos wistar.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. SP: 2012.

BHASKARAN, K. et al. **Effects o fair pollution on the incidence of myocardial infarction.** Heart. 2009. v. 95, n.21, p.1746-1759.

BOZDOGAN, H. **AKAIKE's Information Criterion.** *Journal of Mathematical Psychology.* 44, 62-91 (2000). The University of Tennessee. Disponível em: http://www.csskti.tugraz.at/research/cssarchive/course/mathpsy/pks04/material/Bozdogan_MS.pdf. Acesso em: 20/04/2015.

BRAGA A. L. F., et al. **Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil.** *J Environ Med.* 1999;2(1):95-102. Disponível em: < file:///C:/Users/def02/Downloads/Braga1999.pdf >. Acesso em 18/03/2015.

_____ et al. **Poluição atmosférica e saúde humana.** Revista USP, n. 51, p. 58 – 71, setembro / novembro. São Paulo: 2001.

_____ et al. **Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil.** *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 23 Sup 4:S570-S578, 2005.

_____ **Qualificação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população pediátrica da cidade de São Paulo e proposta de monitoração.** Tese de Doutorado. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. São Paulo: 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº. 03 de agosto de 1990. Dispõe sobre padrões de Qualidade do Ar, previstos no PRONAR. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em: 18/09/2014.

BRASIL. **Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Brasília, DF: 2009. Disponível em <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80060/Compromisso%20pela%20Qualidade%20do%20Ar%20e%20Saude%20Ambiental.pdf> Acesso em: 15/04/2015.

BROOK R.D., et al. **Particulate matter air pollution and cardiovascular disease**: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010;121:2331-2378. Disponível em: <http://circ.ahajournals.org/content/121/21/2331.full>. Acesso em: 15/01/2015.

_____ et al. **Air pollution and cardiovascular disease: A statement for Healthcare professionals from the expert panel on population and prevention Science of the American Heart Association**. *Journal of the American Heart Association*. 2004;109:2655-2671.

CANÇADO, J.E.D. et al. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. *J. Bras. Pneumol*. 2006;32(supl 1):S5-S11. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v32s2/a02v32s2.pdf>. Acesso em: 15/10/2014.

CARMO AT, PRADO RT. A. **Qualidade do Ar Interno**. Série Texto Técnico, TT/PCC/23. São Paulo: EPUSP, p. 35, 1999. Disponível em: <http://saudeetrabalho.com.br/download/qualidade-ar-interno.pdf>. Acesso em: 13/10/2014.

CASTRO A.H.S.; ARAÚJO, R.S.; SILVA, G.M.M. **Qualidade do ar – parâmetros de controle e efeitos na saúde humana: uma breve revisão**. *Holos*: 2013. Ano 29. V. 5 p. 107-121. 2013. Disponível em:

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/1242/730>. Acesso em: 13/10/2014.

CAVALCANTI, P.M.P.S. **Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem preventiva e corretiva**. Tese de Doutorado em Planejamento Energético da Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ: 2010. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/paulina_maria.pdf. Acesso em: 06/01/2015.

CET – COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Boletim Técnico Nº 37. Operação Horário de Pico. 2005. Disponível em: <http://www.cetsp.com.br/media/65268/bt37-%20operacao%20horario%20de%20pico.pdf>. Acesso em: 10/01/2015.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Operação Inverno 2008. Qualidade do Ar**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/ar/operacao-inverno/relatorio-op-inverno-2012.pdf>. Acesso em: 20/09/2014.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Operação Inverno 2012: Qualidade do Ar**. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/ar/operacao-inverno/relatorio-op-inverno-2012.pdf>. Acesso em: 20/12/2014.

_____COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Relatório da Qualidade do Ar no Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB, 2012. Disponível em: <http://www.cidadessustentaveis.org.br/sites/default/files/noticias/relatorio-ar-2012.pdf>. Acesso em: 28/09/2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. CONAMA. **Resolução nº 003 de 25 de Maio 1990**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em: 05/01/2015.

CONCEIÇÃO, G. M. S.; SALDIVA, P. H. N.; SINGER, J. M. **Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 4, n. 3, p. 206-219, 2001.

DECRETO ESTADUAL Nº. 59.113/13. Disponível em http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/DECRETO_SAO_PAULO_59113_2013.pdf. Acesso em 03/04/2015.

DETRAN – SP: Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo. **Estatísticas de veículos novos, de transferências e por tipo de veículo para o ano de 2015**. Disponível em: <http://www.detran.sp.gov.br/wps/portal/portaldetran/detran/estatisticastransito/sa-frotaveiculos>. Acesso em: 11/03/2015.

DATASUS: Disponível em: <<http://www.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>> Acesso em: 29/09/2014.

DOMINICI, F. et al. **Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases**. JAMA. 2006. v. 295, nº 10, p. 1127-1134. March, 2006.

ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY – EPA – Victoria (2012). Disponível em: <http://www.epa.vic.gov.au/>. Acesso em: 29/09/2014.

EVO, C.P.R. et al. **Poluição do ar e internação por insuficiência cardíaca congestiva em idosos no município de Santo André (SP)**. Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde. v.36, n.1, p.6-9, Jan/Abr. 2011.

FREITAS, M. P. D. **Fatores de riscos para doenças cardiovasculares em idosos – coorte de idosos de Bambuí**. Tese de doutorado. Centro de Pesquisas René Rachou: Belo Horizonte, 2011.

GOUVEIA et al. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras.** Epidemiol Serv Saúde 2003;12:29-40

GUZEL-SEYDIM, Z.B.; GREENE, A.K.; SEYDIM, A.C. **Use of ozone in the food industry.** Swiss Society of Food Science and Technology. Published by ElsevierLtd. Lebensm.-Wiss. u.- Technol. V.37, p. 453- 460. 2004.

HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. **Tráfego veicular e mortalidade por doenças do aparelho circulatório em homens adultos.** Rev. Bras. Epidemiol. V. 46, n. 1, p.26-33, 2012.

HABERMANN; MEDEIROS, A.P.P.; GOUVEIA, N. **Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles.** Rev. Bras. Epidemiol. V. 14, n. 1, p.120-130, mar. 2011.

HONG Y.C. et al. **Ischemic stroke associated with decrease in temperature.** Epidemiology 14:473 – 478 (2003). Disponível em <http://www.co2science.org/articles/V6/N42/C3.php>. Acesso em: 21/04/2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil das cidades brasileiras.** 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadessat/xtras/perfil.php?codmun=351350&search=sa-o-paulo>. Acesso em: 25/09/2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **ONU e IBGE divulgam relatórios de população.** 2011. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/11122001onu.shtm> Acesso em: 25/04/2015.

KODAVANTI, U.P. et al. **Inhanled environmental combustion particles cause myocardial injury in the Wistar Kyoto rat.** Toxicological Sciences 71, 237–245 (2003).

KOLHY, L. M. M. **Avaliar a prevalência de sintomas respiratórios em duas categorias de trabalhadores portuários avulsos: estiva e conferentes de**

carga. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Santos: Santos, 2014.

KOKEN, P.J. et al **Temperature, air pollution, and hospitalization for cardiovascular diseases among elderly people in Denver.** Environ Health Perspect 111:1312 – 1317. (2003). Disponível em <http://ehp.niehs.nih.gov/1003198/>. Acesso em 21/04/2015.

KUMAR, V.; ABBAS, A.K.; FAUSTO, N.; MITCHELL, R.N. Robbins & Cotran. **Patologia – Bases patológicas das doenças.** 8ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p.447-453.

LEI ESTADUAL DE SÃO PAULO/SP. Nº. 9.034, de 27 de Dezembro de 1994. Disponível em: http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/EIA_Capitulo_II_MeioFisico_parte3.pdf. Acesso em: 02/04/2015.

LEI ESTADUAL SÃO PAULO/SP. Nº. 997 de 31/05/1976. Dispõe sobre a poluição do meio ambiente. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Institucional/documentos/lei_997_1976.pdf Acesso em: 23/09/2014.

LIMA, Y.L. et al. **Poluição atmosférica e clima: refletindo sobre os padrões de qualidade do ar no Brasil.** Revista Geonorte, Edição Especial 2, V.2, N.5, p.555 - 564, 2012. Disponível em: <http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013.pdf>. Acesso em: 05/04/2014.

LPAE. Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental. São Paulo: USP. 2013.

McCULLAGH, P., NELDER, J.A. **Generalized linear models.** 2. Ed. Flórida, EUA: Chapman & Hall, 1989.

MACHADO, M.M. et al. **Construção de um reator de plasma descarga corona para eliminação de Compostos Orgânicos Voláteis.** Quim. Nova. Vol. 38, No. 1, 128-131, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/qn/v38n1/0100-4042-qn-38-01-0128.pdf>. Acesso em: 29/04/2015.

MARTINS L.C. **Efeitos da poluição do ar e dos fatores meteorológicos nas doenças cardiovasculares na cidade de São Paulo.** Tese de doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.

MARTINS LC, et al. **The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures.** Rev Saúde Pública. 2006. 40(4):677-83. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0034-89102006000500018&script=sci_arttext. Acesso em: 05/01/2015.

MEDRONHO, R.A. **Epidemiologia.** São Paulo: Atheneu: 2002, p. 493.

MIRAGLIA, S.G. et al. **Análise do impacto do consumo de diferentes combustíveis na incidência de mortalidade por doenças respiratórias no município de São Paulo.** Dissertação de Mestrado. São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1997.

MISSAGIA, S. **Avaliação do pico de fluxo expiratório em crianças e adolescentes e sua associação com Material Particulado (PM¹⁰) nos municípios de Anchieta e Guarapari (ES).** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. SP: 2012.

NARDOCCI, et. al., **Poluição e doenças respiratórias e cardiovasculares: estudo de séries temporais em Cubatão, São Paulo, Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, volume 29, Rio de Janeiro, n.9, 2013.

NEGRETE, B. R. et al. **Poluição atmosférica e internações por insuficiência cardíaca congestiva em adultos e idosos em Santo André (SP).** Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde. v.35, n.3, p. 208-12, Set/Dez. 2010.

NEWBY, D.E. et al. **Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease**. European Heart Journal Advance, 2014. Disponível em

http://www.researchgate.net/publication/269412148_Expert_position_paper_on_air_pollution_and_cardiovascular_disease. Acesso em 02/03/2015.

OLIVEIRA, A. F. **Relação entre poluição do ar e internações de idosos por doenças cardiovasculares em Cubatão e São Paulo entre 2000 e 2012**. Dissertação de Mestrado. Universidade Católica de Santos: Santos, 2014.

OLMO, N.R.S.; PEREIRA, L.A.A. **Poluição atmosférica e exposição humana: a epidemiologia influenciando as políticas públicas**. Revista de Saúde Meio Ambiente e Sustentabilidade. Volume 6. Nº 2. 2011

PCPV – PLANO DE CONTROLE DE POLUIÇÃO VEÍCULAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. 2011 – 2013. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/documentos/Plano_de_Controlde_de_Poluicao_Veicular_do_Estado_de_Sao_Paulo_2011-2013.pdf. Acesso em: 11/04/2015.

PESARO, A.E.P., SERRANO Jr. C.V., NICOLAU, J.C. **Infarto Agudo do Miocárdio - Síndrome coronariana aguda com supradesnível do segmento ST**. Rev. Assoc. Med. Bras. 2004; 50(2): 214-20. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ramb/v50n2/20786.pdf>. Acesso em: 22/04/2015.

PEREIRA, L.A.A. et al. **Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil**. Environ Health Perspect. 1998;106:325-9. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/php/pid=S0034-89102004000600001&script-sci_arttext. Acesso em: 22/04/2015.

PEREIRA et al. **Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo – Brazil**. J. Med. Biol. Res. 2008;41 (6):526-32.

PIMENTA, L. et al. **É o Sexo Feminino um Preditor Independente de Mortalidade Hospitalar no Infarto Agudo do Miocárdio?** Arq. Bras. Cardiol. 77: 37- 43. 2001; Disponível em <http://publicacoes.cardiol.br/abc/2001/7701/7701004.pdf>. Acesso em: 21/04/2015.

RESENDE, F. **Poluição atmosférica por emissão de Material Particulado: avaliação e controle nos canteiros de obras de edifícios.** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. SP: 2007.

SALDIVA, P.H., BRAGA, A.Q.L.F., PEREIRA, L.A., MENEZES, M.R.D.O., **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, São Paulo, 2001.

SALDIVA, et al. **Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminar report.** Environ. Res.1994, 65:218-25.

SALDIVA, et al. **Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in São Paulo, Brazil.** Arch Environ Health. 1995;50(2):159-63.

SANTOS et al. **Effects of air pollution on blood pressure and heart rate variability: a panel study of vehicular traffic controllers in the city of São Paulo, Brazil.** Eur. Heart Journal. 2005;26(2):193-200.

SCHWARTZ, J. **The effects of particulate air pollution on daily deaths: a multi-city case crossover analysis.** Group.bmj.com. 2004. Disponível em: <http://oem.bmj.com/content/61/12/956.full.pdf+html>. Acesso em: 20/03/2015.

SCHWARTZ J, DOCKERY D.W, NEAS L.M. **Is daily mortality associated specifically with fine particles?** J Air Waste Manag Assoc. 1996;46(10):927-39. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8875828>>. Acesso em: 18/03/2015.

SIPONEN, et al. Specific fine particulate air pollution and systemic inflammation in ischemic heart disease patients. *Ocuup. Environ Med.* 2014;0:1-7.doi:10.1136/emed-2014-102240.

SOARES, M.; LAGE, J.G.; GENTIL, P.H.A.; CARVALHINHO, F. **Poluição atmosférica e doenças cardiovasculares.** Liga de Ciências Cardiovasculares: LiCCa – UFF. S.d. Disponível em: <http://www.proac.uff.br/licca/content/polui%C3%A7%C3%o-atmosf%C3%A9rica-e-doen%C3%A7-cardiovasculares>. Acesso em: 19/09/2014.

WANG, Y., ELIOT, M. N., WELLENIUS, G. A. **Short-term Changes in Ambient Particulate Matter and Risk of Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis.** *Journal of the American Heart Association*, 2014. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25103204>. Acesso em: 08/01/2015

WAJNGARTEN, M. **O coração no idoso.** *Jornal Diagnóstico em Cardiologia: Grandes Temas.* Ano 13 Nº 43 Ago/Set 2010. Disponível em: http://www.cardios.com.br/arquivos_dados/foto_alta/foto-noticia-id-69-f1.pdf. Acesso em: 23/10/2014.

WHO – Europe. **Air quality guidelines – Global update 2005.** S.d. Disponível em: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/78638/E90038.pdf. Acesso em: 05/01/2015.

WHO - GLOBAL OBSERVATORY 2008. **Vigilância Global, prevenção e controle das doenças respiratórias crônicas: uma abordagem incluidora.** Disponível em: http://www.who.int/gard/publications/GARD_Portuguese.pdf. Acesso em: 05/01/2015.

ZANOBETTI, A. et al. **The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement.** *Epidemiology*

2002, 13(1): 87-93. Disponível em: www.hsph.harvard.edu/.../endnote105-zanobetti.pdf. Acesso em: 05/02/2015.