

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

AMAURY DE SOUZA

**A INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS
(METEOROLÓGICAS E DE QUALIDADE DO AR) NA
MORBIDADE RESPIRATÓRIA NA CIDADE DE CAMPO
GRANDE-MS**

CAMPO GRANDE
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

AMAURY DE SOUZA

**A INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS
(METEOROLÓGICAS E DE QUALIDADE DO AR) NA
MORBIDADE RESPIRATÓRIA NA CIDADE DE CAMPO
GRANDE-MS**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais do Centro de Ciências Exatas e Tecnologias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Widinei Alves Fernandes

Aprovada em: 24 de abril de 2013

Banca Examinadora:

Prof. Dr. **Widinei Alves Fernandes** (Orientador)

Prof. Dr. **Edson Kassar**

Prof. Dr. **Hamilton G. Pavão**

Prof. Dr. **Plinio Alvalá**

Prof. Dr. **Paulo Mueller**

Campo Grande, MS.

2013

Ficha catalográfica preparada pela
COORDENADORIA DA BIBLIOTECA CENTRAL/UFMS

XXXXXX Souza, Amaury
A Influência das Variáveis Ambientais (Meteorológicas e de Qualidade do Ar) na Morbidade Respiratória na Cidade de Campo Grande-MS / Amaury de Souza - Campo Grande, 2013.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2013.
Orientador Prof. Dr. Widinei Alves Fernandes

1. Regressão de Poisson.
2. doenças respiratórias.
3. variáveis meteorológicas.
4. índices biometeorológicos.
5. poluição do ar.

DEDICATÓRIA

*À minha família, principalmente aos meus filhos,
por toda compreensão, apoio e incentivo.*

AGRADECIMENTOS

Como agradecer a todos que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho sem cometer os deslizes do esquecimento?

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iii
AGRADECIMENTOS	iv
SUMÁRIO	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xi
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	16
1.1. Material particulado	20
1.2. Monóxido de carbono (CO)	22
1.3. Compostos de nitrogênio	23
1.4. Compostos de enxofre	24
1.5. Compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (COVS)	24
1.6. Ozônio (O ₃)	25
1.7. Perfil de Morbi-Mortalidade e Variações Meteorológicas	26
1.7.1. Aspectos climáticos da região do estudo	26
1.8. Principais Episódios	28
1.9. Estudos Nacionais	32
1.10. Análise dos Modelos Estatísticos para Estudos Epidemiológicos	37
1.11. Modelo Linear Generalizado (MLG)	39
2. JUSTIFICATIVA	39
3. OBJETIVO	40
4. METODOLOGIA	41
4.1 Dados de Saúde:	41
4.2 Tipo de estudo	41
4.3 Dados de Ozônio de Superfície	42
4.4 Dados Meteorológicos	43
4.4.1 Temperatura do ar (Tar)	43
4.4.2 Umidade relativa do ar	44
4.4.3 Precipitação diária total	44

4.4.4	Velocidade (m/s) e direção do vento (graus)	44
4.5	Índices de Conforto Térmico Humano (CTH).	44
4.6	Análises Estatísticas	46
4.7	Análises descritivas	48
4.8	Utilizações do Erro Quadrático Médio (EQM) para verificar a destreza do modelo.	48
4.9	Análises de componentes principais (ACP)	48
5.	RESULTADOS	51
5.1	Descrições das internações de doenças respiratórias	51
5.2	Caracterização do Ozônio	53
5.2.1	Análise dos dados: Médias horárias mensais	53
5.2.2	Média diária da concentração de ozônio	54
5.3	Caracterizações das variáveis meteorológicas	56
5.4	Caracterização dos índices de Conforto Térmico Humano (CTH).	58
5.5	Análise estatística	60
5.5.1	Análise das Componentes Principais	60
5.5.1.1	Internações hospitalares por doenças respiratórias para todas as idades.	61
5.5.1.2	Internações hospitalares por doenças respiratórias para a faixa etária de 0-4 anos de idade.	62
5.5.1.3	Internações hospitalares por doenças respiratórias para a faixa etária de 5-60 anos de idade.	63
5.5.1.4	Internações hospitalares por doenças respiratórias para a faixa etária > 60 anos de idade.	64
5.5.2	Modelagem de doenças respiratórias.	66
5.5.2.1	Para a faixa etária de 0-4 anos de idade.....	67
5.5.2.2	Para a faixa etária de 5-60 anos de idade.....	68
5.5.2.3	Para a faixa etária > 60 anos de idade.....	68
5.6	Modelo	69
5.7	Calculo dos riscos relativos.....	75
5.8	Discussões	77
6.	CONCLUSÃO	85
7.	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	87
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	88
9.	APÊNDICE A.....	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Percentagem das médias das frequências mensais de morbidade por doenças respiratórias (DAR) nos anos de 2004 a 2010.....	46
Figura 2	Percentagem média do número de internações por doenças respiratórias em função das idades no período de 2004-2010	48
Figura 3	Média da Concentração horária de Ozônio – anos de 2004 a 2010	54
Figura 4	Série temporal das médias diárias de [O ₃] ppb em Campo Grande no período de 2004-2010.....	55
Figura 5	Série temporal das médias diárias das temperaturas mínima, média e máxima OC do ar no período de 2004-2010.....	56
Figura 6	Série temporal das médias diárias da umidade relativa do ar no período de 2004-2010	52
Figura 7	Série temporal da precipitação diária acumulada no período de 2004-2010	52
Figura 8	Série temporal da média diária da velocidade dos ventos no período de 2004-2010	53
Figura 9	Série temporal do Índice de Conforto Térmico Humano (TE) em Campo Grande no período de 2004-2008. TEmax; Temin; TEmed; CTH1=22 e CTH2=25 °C	53
Figura10	Série temporal do Índice de Conforto Térmico Humano (TEv) em Campo Grande no período de 2004-2008. TEvmax; Tevmin; TEvmed; CTH1=22 e CTH2=25 °C	59
Figura11	Internações hospitalares por doenças respiratórias para todas as idades observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.....	64
Figura12	Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias em todas as idades pra os anos de 2004-2010.....	65

Figura13	Internações hospitalares por doenças respiratórias na faixa etária de 0-4 anos de idade observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.....	66
Figura14	Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias na faixa etária de 0-4 anos de idade , para os anos de 2004-2010.....	66
Figura15	Internações hospitalares por doenças respiratórias na faixa etária de 5-60 anos de idade observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.....	67
Figura16	Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias na faixa etária de 5-60 anos de idade para os anos de 2004-2010	67
Figura17	Internações hospitalares por doenças respiratórias na faixa etária > 60 anos de idade observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.....	68
Figura18	Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias na faixa etária > 60 anos de idade , para os anos de 2004-2010.....	69
Figura19	Riscos relativos em função da concentração de ozônio por faixa etária em Campo Grande, MS, 2004-2010.....	71
Figura20	Risco relativo e respectivos intervalos de confiança nas internações por doenças respiratórias para todas as faixas etárias, faixa etária de 0-4 anos, 5-60 anos e >60 anos para o aumento de um interquartil na concentração de ozônio em cada dia da estrutura de defasagem analisada para o período de seis dias. Campo Grande, MS, 2004-2010.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais estudos Mato Grosso.	19
Tabela 2	Descrições das internações das variáveis de doenças respiratórias, todas as idades e por faixa etária.	46
Tabela 3	Análise descritiva do poluente ozônio.	48
Tabela 4	Análise estatística descritiva das variáveis meteorológicas diárias.	51
Tabela 5	Análise descritiva dos índices de Conforto Térmico Humano (CTH) diário	55
Tabela 6	Distribuição do número de dias dos índices de CTH (TE e TEv) de acordo com o critério de Fanger 1972.	55
Tabela 7	Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares para todas as idades (DAR total) em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.	56
Tabela 8	Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares para a faixa etária de 0-4 anos de idade em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.	57
Tabela 9	Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares para a faixa etária de 5-60 anos de idade em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.	59
Tabela 10	Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares para a faixa etária > 60 anos de idade em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.	60
Tabela 11	Análise de correlação de Pearson das variáveis dependentes (número total de internações, 0-4 anos, 5-60 anos e > 60 anos) e das variáveis explicativas O ₃ , Precipitação, Velocidade dos ventos, TEMAX, TEMIN, TEMED, TEV MAX, TEV MIN e TEV MED.	61
Tabela 12	Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson Múltiplo para todas as idades	62
Tabela 13	Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson	

	Múltiplo para faixa etária de 0-4 anos de idade	62
Tabela 14	Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson	
	Múltiplo para a faixa etária de 5-60 anos de idade	63
Tabela 15	Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson	
	Múltiplo para a faixa etária > 60 anos de idade	63
Tabela 16	Risco relativo com intervalo de confiança para as faixas etárias para Internações com o poluente ozônio em todos os dias da estrutura de defasagem analisada. Campo Grande, MS, 2004-2010.	70

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACP	Análise de Componentes Principais
APHEA	Air Pollution and Health: a European Approach
AVAS	Afecções Vias Aéreas Superiores
AVAI	Afecções Vias Aéreas Inferiores
°C	Graus Celsius
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CID	Código Internacional de Doenças
CO	Monóxido de Carbono
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP's	Componentes Principais
CTH	Conforto Térmico Humano
DRU	Doenças Respiratórias
EQM	Erro Quadrático Médio
EPA	Environmental Protection Agency
GAM	General Additive Model
GLM	General Linear Model
IBAMA	Instituto Brasileiro de Apoio ao Meio Ambiente
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Intervalo de Confiança
IP	Influenza e Pneumonia
MBCS	Modelo Brasileiro de Clima e Saúde
MMRP	Modelo Multivariado de Regressão de Poisson
MRPs	Modelo de regressão de Poisson
MURP	Modelos Univariados de Regressão de Poisson
NO ₂	Dióxido de Nitrogênio
NO _x	Oxido de Nitrogênio
O ₂	Oxigênio

O ₃	Ozônio
OMS	Organização Mundial de Saúde
PM10	Material Particulado 10 µm
RR	Risco Relativo
SO ₂	Dióxido de Enxofre
SUS	Sistema Único de Saúde
TE	Índice de Temperatura Efetiva
TEv	Índice de Temperatura Efetiva com vento.
TSP	Partículas Totais em Suspensão
VARIMAX	Variance Maximizing Normalizada

RESUMO

O conhecimento antecipado das condições meteorológicas pode ajudar a sociedade a evitar a degradação da natureza assim como prevenir doenças do aparelho respiratório. O objetivo deste estudo é realizar uma análise estatística e através dela criar um modelo capaz de prever internações devido a doenças respiratórias, usando dados de poluição do ar e índices biometeorológicos, conhecidos como índices de conforto térmico humano (CTH). O estudo utilizou dados diários de internações por afecções das vias aéreas com diagnóstico de doenças respiratórias, concentração de ozônio (O_3), dados de precipitação, temperatura do ar, umidade e velocidade dos ventos de 2004 a 2010 referentes à cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul. Foram calculados os índices de CTH índice de Temperatura Efetiva (TE) e o índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEV) com base nas variáveis meteorológicas. Através da metodologia estatística de Modelos Lineares Generalizados (MLG) usando a Regressão de Poisson chegou-se a um modelo capaz de prever as internações por doenças respiratórias. Os resultados encontrados mostraram associações entre o número de internações e o O_3 com defasagem de 4 dias e com o índice TEV MED também com defasagem de 3 dias. O aumento da concentração de O_3 provoca um aumento nas internações e o risco relativo das pessoas expostas a este poluente contrair doenças respiratórias é maior do que daqueles que não se expõem. Já o conforto térmico provocado pelo aumento do índice TEV MED atua como fator de proteção para o nº de internações visto que o risco relativo diminui com o aumento deste índice. O modelo é satisfatório, visto que conseguiu mostrar que as variáveis ambientais podem ser usadas para estimar internações hospitalares.

Palavras-chave: Regressão de Poisson, doenças respiratórias, variáveis meteorológicas, índices biometeorológicos, poluição do ar.

ABSTRACT

The Advance knowledge of weather conditions with an accurate forecast can help society avoid the degradation of the environment so as to prevent respiratory diseases. The objective of this study is to use a statistical analysis to develop a model to predict hospitalization due to respiratory diseases, using data from air pollution indices and Biometeorology known as human thermal comfort index (CTH). The study used daily data of admissions for disorders of the airways with a diagnosis of respiratory diseases, concentration of ozone (O_3), and information on rain precipitation, air temperature, humidity and wind speed from 2004 to 2010 of the city of Campo Grande in Mato Grosso do Sul. This project proves calculations for the index of CTH Effective Temperature (ET) and the index of Effective Temperature with Wind (VTE) based on meteorological variables. Through the statistical methodology of generalized linear models (GLM) using the Regression of Poisson it was established and developed a model capable of predicting hospital admissions for respiratory diseases. The results indicated the associations between the number of admissions and O_3 with a lag of 4 days and with the index VTE MED also with a lag of 3 days. The increase of concentration of O_3 causes an enlargement in admissions and the relative risk for people exposed to this pollutant to contract respiratory diseases is higher than those that are not exposed. Nevertheless, the thermal comfort caused by the increase of the index VTE MED acts as a protective factor for the number of hospitalizations since the relative risk decreases with the increase of this index. This model is satisfactory as it was able to show that environmental variables can be used to estimate hospitalizations.

Keywords: Poisson Regression, respiratory diseases, meteorological variables, biometeorology indexes, air pollution.

1. INTRODUÇÃO

Recentes estudos têm demonstrado que a poluição atmosférica é responsável por vários efeitos deletérios sobre a saúde humana, incluindo aumento das consultas de emergência por patologias respiratórias (SAMET *et al.*, 1981; SUNYER *et al.*, 1993; LIN *et al.*, 1999), exacerbação de asma (BATES *et al.*, 1990; OSTRO *et al.*, 1991; POPE; DOCKERY, 1992; AUBIER, 2000; NICOLAI, 2002), decréscimo na função pulmonar (DOCKERY *et al.*, 1982; CHESTNUT *et al.*, 1991; POPE *et al.*, 1991; HOEK; BRUNEKREEF, 1993; POPE; KANNER, 1993); aumento das internações hospitalares por patologias respiratórias (POPE, 1989; BURNETT *et al.*, 1994; SCHWARTZ 1993, 1994a, BRAGA *et al.*, 1999; BRAGA *et al.*, 2001), falta ao trabalho em adultos e aumento do absenteísmo escolar em crianças (OSTRO, 1983, 1987,1990) e aumento da mortalidade (SCHWARTZ 1991a, 1991b, 1992a, 1992b, 1993, 1994b, 1994d, 1996; DOCKERY *et al.*, 1992; POPE *et al.*, 1992; SALDIVA *et al.*, 1994, 1995; SAMET *et al.*, 1995; STYER *et al.*, 1995; ANDERSON *et al.*, 1996; SPIX; WICHMAN; 1996; SUNIER *et al.*, 1996; VERHOEFF *et al.* 1996; BORJA-ABURTO *et al.*, 1997; MICHELOZZI *et al.*, 1998).

O número cada vez maior de veículos também faz com que a poluição aumente, apesar da adoção de combustíveis menos poluentes, como o etanol, nas últimas décadas, com os avanços tecnológicos, foram instalados catalisadores nos escapamentos dos automóveis, desenvolvido motores flex e filtros nas indústrias para controle das emissões de poluentes, o que tem contribuído para reduzir os níveis do material particulado e de outros poluentes emitidos para a atmosfera.

Assim, apesar da introdução de padrões de qualidade de ar com redução geral dos níveis de poluentes nos últimos anos, vários estudos têm sugerido que, mesmo com os poluentes abaixo dos níveis preconizados, observam-se efeitos deletérios sobre a saúde humana (BATES, 1980; WARE *et al.*, 1981; FARLEY, 1990; SCHWARTZ, 1991a; POPE *et al.*, 1992; SCHWARTZ; DOCKERY, 1992a; SCHWARTZ; DOCKERY, 1992b; SCHWARTZ *et al.*, 1993; SALDIVA *et al.*, 1994; SALDIVA *et al.*, 1995; LIN, 1997; BRAGA, 1998). Esses estudos confirmam a dificuldade em se estabelecerem padrões de qualidade de ar adequados para a proteção da população, especialmente para os indivíduos mais susceptíveis, como os portadores de doença prévia. Esses estudos foram realizados em áreas urbanas desenvolvidas, nas quais a poluição do ar está relacionada à queima de combustíveis fósseis; porém, qual a

severidade e extensão dos efeitos sobre a saúde humana causada pela poluição proveniente da queima de biomassa, nas áreas rurais dos países em desenvolvimento. Até muito pouco tempo atrás não tínhamos uma resposta e muito poucos estudos haviam sido realizados para tentar esclarecer tais dúvidas. Em 1999, a Organização Mundial da Saúde publicou um Boletim confirmando que a queima de biomassa produz poluição atmosférica com emissão de material particulado fino e ultrafino, os quais têm impacto sobre a mortalidade diária, admissões hospitalares, visitas às emergências e aos ambulatórios e sobre a função pulmonar dos indivíduos expostos (WHO, 1999).

Estudos epidemiológicos em comunidades expostas à fumaça proveniente da queima de biomassa em ambientes internos já indicavam uma relação consistente entre a exposição e o desenvolvimento de doença pulmonar crônica em adultos (BEHERA *et al.*, 1991; BEHERA *et al.*, 1994; QURESHI, 1994; DENNIS *et al.*, 1996), bronquiectasias e fibrose pulmonar (ANDERSON, 1979), infecções respiratórias em crianças (WESLEY; LOENING, 1996; SMITH *et al.*, 2000), provavelmente devido às alterações no mecanismo mucociliar, diminuindo as propriedades antibacterianas dos macrófagos pulmonares pelo decréscimo de seu poder de fagocitose (FICK *et al.*, 1984; HOUTMEYERS *et al.*, 1999). Outros estudos confirmaram também ocorrer exacerbação dos sintomas respiratórios (ELLEGARD, 1996), aumento da incidência de asma em adultos e crianças (AZIZI *et al.*, 1995; NOORHASSIM *et al.*, 1995; PISTELLY, 1997; HAJAT *et al.*, 1999), diminuição da função pulmonar em crianças (GHARAIBEH, 1996), maior incidência de tuberculose pulmonar (GUPTA *et al.*, 1997; MISHRA *et al.*, 1999a; PEREZ-PADILLA *et al.*, 2001) e de recém-nascidos de baixo peso (BOY *et al.*, 1999). A combustão de biomassa em ambientes internos produz ainda irritação nos olhos (ELLEGARD, 1996), pode causar catarata (MOHAN *et al.*, 1989), diminuição da acuidade visual e levar à cegueira (MISHRA *et al.*, 1999b). Até o presente momento, os dados coletados não indicam uma associação entre o risco de câncer e altos níveis de exposição à fumaça da queima de biomassa, provavelmente devido ao menor poder carcinogênico deste tipo de poluição atmosférica, comparado com a queima de combustíveis fósseis (BRUCE *et al.*, 2000).

A queima de biomassa em ambientes abertos também produz poluição atmosférica e causa impacto sobre a saúde humana.

Em 1987, após grande incêndio de florestas na Califórnia, DUCLOS (1990) avaliou o impacto do número de visitas à emergência. Depois de $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ e o PM₁₀ atingiu níveis de $237\mu\text{g}/\text{m}^3$. Comparando a procura diária aos serviços de emergência

médica entre os períodos de seis meses antes do evento com o da queimada, observou-se, neste período, um aumento de 40% nos atendimentos por asma, de 30% por doença pulmonar obstrutiva crônica, de 60% por laringite, de 30% por sinusite e de 50% por infecções respiratórias.

CHEW *et al.* (1995), analisando as queimadas ocorridas em Singapura, em 1994, mostraram associação positiva entre o aumento do PM10 e um aumento de consultas de emergência por asma, em crianças.

Em 1997, em virtude do fenômeno “El Niño”, ocorreu 1500 focos incêndio que queimaram 4,5 milhões hectares de florestas na Indonésia. Localizada no sudoeste asiático, a Indonésia é o maior arquipélago do mundo, com 5 principais ilhas – Sumatra, Kalimantan (Bornéu), Java, Sulawesi e Irian Java, além de mais 17 mil pequenas ilhas. Como consequência, ocorreu a formação de uma intensa névoa que afetou países vizinhos por vários meses, provocando desastres secundários, tais como acidentes com aeronaves e colisões marítimas. Estimativas sugerem que 20 milhões de pessoas apresentaram afecções respiratórias agudas, gerando um custo de 1,4 bilhões de dólares para o tratamento da população afetada e despertando a atenção das autoridades sanitárias de todo o planeta (GEO, 2000).

Segundo a Secretaria Central de Estatística da Indonésia, entre setembro e outubro de 1997, em oito províncias do país, com uma população total de 12.360.000 habitantes, ocorreram 1.802.340 atendimentos por asma brônquica, bronquite crônica e infecção respiratória aguda, além de 15.822 internações hospitalares por doenças respiratórias e 2.446.352 dias de trabalho perdidos.

Em várias províncias, a concentração de TSP (Partículas Totais em Suspensão) excedeu o limite de 260µg/m³ (considerado como aceitável), entre 3 e 15 vezes. Encontrou-se grande concentração de material particulado com diâmetro que variava entre 0,5 e 5µg em áreas próximas às regiões mais afetadas pelos incêndios (DAWUD, 1999).

Na região central de Kalimantan (Bornéu), uma das áreas mais afetadas pela névoa a partir de julho de 1997, o número de pacientes hospitalizados com pneumonia em setembro foi 33 vezes maior do que nos 12 meses prévios.

Em Jambi (Sumatra), uma amostra de 539 indivíduos respondeu a um questionário com o objetivo de avaliar os efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população. Destes, 532 indivíduos (99,7%) relataram algum tipo de sintoma e, em 491 indivíduos (91,1%), os sintomas eram respiratórios. Os entrevistados com idade acima

de 60 anos referiram sintomas mais severos e relataram piora significativa na qualidade de vida (KUNII, 1999).

Em Singapura, o Ministério da Saúde monitorou a qualidade do ar em 15 estações durante o episódio. O “*Pollutant Standard Index*” (PSI) foi acima de 100 por 12 dias, com pico de 138. A relação entre o PSI e o PM10 é: 100 de PSI correspondem aproximadamente a 150µg/m³ de PM10 (USEPA, 1992). Observou-se que 94% das partículas na névoa apresentavam diâmetro aerodinâmico inferior a 2,5µg/m³. Na última semana de setembro, quando os níveis de material particulado atingiram o pico, a vigilância sanitária de Singapura relatou um aumento de 30% nos atendimentos ambulatoriais por patologias respiratórias. Um aumento nos níveis do PM10 de 50µg/m³ para 150µg/m³ estava significativamente associado com um aumento de 13% das infecções respiratórias agudas, de 19% de asma e de 26% de rinite (BRAUER; HISHAM-HASHIM, 1998).

O sul da Tailândia foi coberto pela fumaça proveniente dos incêndios durante dois meses, entre setembro e outubro de 1997. Os relatórios mensais mostraram que houve um aumento de aproximadamente 45.000 visitas ambulatoriais e de 1.500 admissões hospitalares. Modelos de análise de regressão demonstraram uma significativa associação entre admissão hospitalar por doença respiratória e os níveis de PM10. Uma elevação de 1µg/m³ na média mensal de PM10 estava associada a um aumento de 85 admissões hospitalares por doenças respiratórias, das quais 28 eram admissões hospitalares por pneumonia e 13 por doença pulmonar obstrutiva crônica e asma brônquica (PHONBOON *et al.*, 1999).

Avaliar os efeitos sobre a saúde da poluição do ar proveniente das queimadas de biomassa a céu aberto é uma tarefa difícil. Vários fatores devem ser considerados, tais como, as características dos poluentes, a população exposta, o grau de exposição individual, suscetibilidade do indivíduo exposto, fatores de confusão, como a temperatura e a umidade relativa do ar, além da intensidade e da gravidade dos efeitos sobre a saúde.

Porém, é importante ressaltar que a maioria das pessoas que compõem a população de risco demanda um número muito maior de consultas de emergência, de atendimentos ambulatoriais, de medicações e internações.

Tudo isso traduz um ônus muito grande que atinge não só os serviços médicos, mas também a qualidade de vida e econômica da população exposta e dos municípios.

A seguir faremos uma descrição dos principais poluentes emitidos pelas queimadas.

1.1. Material particulado

O material particulado é uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. Sua composição e tamanho dependem das fontes de emissão e das transformações químicas que sofre no ar. O tamanho das partículas é expresso em relação ao seu tamanho aerodinâmico, definido como o diâmetro de uma esfera densa que tem a mesma velocidade de sedimentação que a partícula em questão (DOCKERY; POPE, 1994). O diâmetro pode variar entre $0,002\mu\text{m}$ e $100\mu\text{m}$, pois partículas com diâmetro acima de $100\mu\text{m}$ não permanecem por muito tempo em suspensão e tendem a se precipitar rapidamente. As gotas de chuva são um exemplo. Baseadas no tamanho, as partículas podem ser divididas em três grupos:

- ultrafinas ou núcleo de Aitken: partículas com diâmetro menor que $0,1\mu\text{m}$;
- partículas finas ou de acumulação: apresentando diâmetro menor que $2,5\mu\text{m}$;
- partículas grandes ou grossas: com diâmetro maior que $2,5\mu\text{m}$ de diâmetro.

As partículas de maior tamanho (grandes ou grossas) são normalmente produzidas por processos mecânicos, como o vento e as erosões. Geralmente são removidas da atmosfera por sedimentação ou pela chuva. Do ponto de vista químico, sua composição elementar reflete a fonte de origem, com predominância de compostos inorgânicos para partículas derivadas do solo e da névoa marinha. São também encontradas, nesta faixa de tamanho, partículas biológicas com predominância de compostos orgânicos como o pólen, esporos, fragmentos de plantas, insetos, etc.

As partículas maiores que $10\mu\text{m}$ são retidas no nariz e nasofaringe, e eliminadas pela deglutição, tosse, espirros e pelo aparelho mucociliar.

Partículas menores que $10\mu\text{m}$ de diâmetro (PM10), após serem inaladas, podem ser depositadas na árvore traqueobrônquica e as partículas menores que $2,5\mu\text{m}$ de diâmetro (PM2,5) tendem a se depositar nos bronquíolos terminais. Já nos alvéolos ocorre deposição de partículas bem menores, com 1 a $2\mu\text{m}$ de diâmetro. Partículas finas e ultrafinas são preferencialmente emitidas por processos de combustão. Geralmente são compostas por material carbonáceo, metais, compostos orgânicos e íons sulfatos, nitratos, e amoníacos. As partículas ultrafinas tendem a se agrupar por aglomeração ou

condensação, aumentando seu diâmetro aerodinâmico e transformando-se em partículas finas (USEPA, 1996).

Do ponto de vista físico-químico e para a saúde humana, as partículas da atmosfera de maior importância são as com diâmetro aerodinâmico entre 0,002 e 10 μ m. É oportuno salientar que a “*Environmental Protection Agency*” (EPA), órgão do governo americano responsável pelo controle ambiental, determina que seja controlada a emissão de partículas menores ou iguais a 10 μ m (PM10), as também chamadas partículas inaláveis, baseando-se no fato de que estas são as partículas que podem atingir as vias respiratórias inferiores e não na sua composição química (BASCUM *et al.*, 1996a). Este material particulado inalável apresenta a característica importante de transportar gases adsorvidos em sua superfície até as porções mais distais das vias aéreas.

Estas partículas, quando atingem as porções mais distais das vias respiratórias, são fagocitadas pelos macrófagos alveolares, sendo posteriormente removidas pelo aparelho mucociliar ou pelo sistema linfático (BASCUM *et al.*, 1996b; WHO, 1999).

ECHALAR; GAUDICHET (1995) estudaram a composição das partículas provenientes da queima de biomassa da Floresta Amazônica, das savanas brasileiras e africanas. As partículas provenientes das savanas eram ricas em potássio (K), fósforo (P), cloro (Cl), zinco (Zn) e bromo (Br), enquanto as provenientes da floresta eram ricas em silício (Si) e cálcio (Ca). YAMASOE *et al.* (2000), comparando as queimadas que ocorrem na Floresta Amazônica com as do Cerrado, observou que ocorre liberação de grandes quantidades de Cl, NO₃, SO₄, K, NH₄, Zn e “*black carbon*” na combustão dos dois tipos de biomassa, especialmente na fase “*flaming*” e concluiu que as emissões de NO₃, K, Cl, Zn e “*black carbon*” são 5 vezes maiores na queima de floresta do que na de cerrado.

Diversos estudos epidemiológicos associam os efeitos adversos do material particulado à doença pulmonar inflamatória prévia, sugerindo um papel importante da poluição atmosférica na exacerbação das doenças pulmonares (MULLEN *et al.*, 1985). Outros estudos mostram que o aumento nas concentrações de material particulado aumenta o número de neutrófilos nas vias aéreas e a responsividade destas na asma brônquica (PAUWELS *et al.*, 1990). Cães expostos ao material particulado fino apresentam alterações eletrocardiográficas, mostrando que o material particulado pode também induzir alterações cardíacas, além das respiratórias (GODLESK *et al.*, 1997). Estudo realizado por SANTOS (2002), acompanhando uma amostra de cinquenta

controladores de tráfego, expostos a poluição atmosférica da cidade de São Paulo, evidenciou efeitos do material particulado no aparelho respiratório (aumento de 31% na responsividade brônquica das vias aéreas e acentuado declínio da função pulmonar) e também no aparelho cardiovascular (aumento da pressão arterial e na variabilidade da frequência cardíaca).

Vários estudos já citados anteriormente confirmam que o material particulado proveniente da queima de biomassa também tem efeitos deletérios sobre a saúde da população exposta (DUCLOS,1990; CHEW *et al.*, 1995; DAWUD, 1999).

Considerando que a maior massa e o maior número de partículas do material particulado proveniente da queima de biomassa são de partículas finas e ultrafinas, sugere-se, sempre que possível, quantificar a fração PM_{2,5} em estudos que envolvam queima da biomassa e riscos à saúde humana (WHO, 1999).

A grande maioria dos estudos epidemiológicos relatados anteriormente mostrou uma estreita relação entre o aumento do material particulado produzido pela queima de combustíveis fósseis e de florestas, e agravos à saúde da população exposta. Portanto, não há evidências de que as partículas aéreas provenientes de diferentes fontes de combustão tenham diferentes impactos sobre a saúde e, também não há razão para considerar que o material particulado proveniente da queima de biomassa seja menos prejudicial do que o proveniente de qualquer outro tipo de combustão. Logo, é razoável considerar que os resultados relacionando a emissão de material particulado proveniente de combustível fóssil com a mortalidade e morbidade da população exposta serão também observados com a poluição produzida pela queima de biomassa.

1.2. Monóxido de carbono (CO)

O monóxido de carbono (CO) é um gás tóxico incolor e inodoro produzido pela combustão incompleta na queima de biomassa e de combustíveis fósseis. Quando a fonte emissora é a queima de biomassa, o CO é produzido principalmente no início da combustão com ausência de chamas (fase “*smoldering*”).

O CO é tóxico por apresentar afinidade pela hemoglobina 240 vezes maior que a do oxigênio (O₂), o que faz com que uma pequena quantidade de CO possa saturar grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo, assim, a capacidade da hemoglobina de transportar O₂. Atua, também, desviando a curva de dissociação da

hemoglobina para a esquerda, o que diminui a liberação de O₂ para os tecidos (ELSON, 1987).

Exposição a pequenas e moderadas concentrações de CO prejudica o raciocínio, a percepção, produz cefaléia, diminuição dos reflexos, redução da destreza manual e sonolência. Concentrações de CO de 35ppm durante três a quatro horas elevam o nível de carboxihemoglobina em 5% e produzem, em seres humanos, sinais de desorientação e fadiga. Altas concentrações podem levar à morte.

Indivíduos com doença cardiovascular ou respiratória pré-existente, crianças, idosos, e grávidas são considerados indivíduos de alto risco (MALILAY, 1999).

A determinação dos níveis de carboxihemoglobina no sangue pode servir para avaliar exposição individual, uma vez que pessoas saudáveis e não fumantes residentes em áreas de grande concentração ambiental de CO apresentam um aumento de até 100% nos níveis de carboxihemoglobina, quando comparada a pessoas saudáveis e não fumantes que não estão expostas aos níveis de CO dos grandes centros urbanos (STEWART *et al.*, 1970).

1.3. Compostos de nitrogênio

Os compostos de nitrogênio são emitidos proporcionalmente à quantidade desses elementos na vegetação queimada e, à eficiência da combustão. Os compostos de nitrogênio reduzido, como a amônia, são produzidos durante a combustão com ausência de chamas. A combustão com chamas produz preferencialmente dióxido de nitrogênio (NO₂).

YOKELSON *et al.* (1997) demonstraram que a eficiência da combustão influi na relação amônia/óxidos de nitrogênio produzidos.

O NO₂ é um irritante de mucosas e seu efeito tóxico está relacionado ao fato de ser um agente oxidante (PRYOR; LIGHTSEY, 1981). Por apresentar baixa solubilidade na água, atinge vias aéreas inferiores no trato respiratório, onde exerce efeito tóxico (PRYOR; LIGHTSEY, 1981).

Dependendo da sua concentração e do tempo de exposição, o NO₂ provoca vários tipos de doenças inflamatórias no trato respiratório, como traqueíte, bronquite crônica, enfisema pulmonar, espessamento da barreira alvéolocapilar e broncopneumonias químicas (SAMET *et al.*, 1998).

Estudos epidemiológicos têm demonstrado um aumento de infecções respiratórias em crianças, associadas com o NO₂ (SAMET *et al.*, 1992).

PONKA (1991) relata aumento das consultas médicas por crise de asma, em adultos e idosos, associada ao dióxido de nitrogênio e ao ozônio, apesar de os mesmos apresentarem concentrações dentro dos padrões estabelecidos como seguros.

1.4. Compostos de enxofre

Dependendo da eficiência, a combustão de biomassa pode liberar dissulfeto de hidrogênio (H₂S₂) e dióxido de enxofre (SO₂). Uma vez na atmosfera o dióxido de enxofre é oxidado e transformado em ácido sulfúrico.

Essa transformação depende do tempo de permanência no ar, da presença de luz solar, temperatura, umidade relativa do ar e da adsorção do gás na superfície das partículas. Os aerossóis ácidos encontram-se dissolvidos nas gotas de água presentes na atmosfera e são partes integrantes do material particulado inalável.

A permanência prolongada no ar faz com que o dióxido de enxofre e seus derivados – aerossóis ácidos – sejam levados pelo vento para outras regiões, tendo assim atuação distante das fontes produtoras (CALVERT *et al.*, 1969).

O maior parte do SO₂ inalado por uma pessoa em repouso é absorvido nas vias aéreas superiores. A absorção pelas regiões mais distais do pulmão é geralmente secundária à atividade física, após aumento da ventilação pulmonar (FRANK *et al.*, 1969).

Estudos indicam a associação entre o dióxido de enxofre e o decréscimo da função pulmonar (DOCKERY *et al.*, 1982), descompensação de asma brônquica (DAB *et al.*, 1996) e admissões hospitalares, especialmente por doença pulmonar obstrutiva crônica (BATES; SIZTO, 1990; SUNYER *et al.*, 1991), mesmo em níveis considerados como seguros.

1.5. Compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (COVS)

Os compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (COVS) compreendem uma vasta gama de compostos químicos que têm como elemento comum o carbono e participam de reações fotoquímicas na atmosfera. O metano (CH₄) é um dos principais COVS pela sua relação com meio ambiente e contribuição no aquecimento global (efeito estufa) (HOLMAN, 1999).

Os COVs podem também ser precursores de formaldeído e ozônio na atmosfera durante dias ensolarados e na ausência de vento.

Os COVs podem causar irritação nos olhos, tosse, sonolência e sibilos. Alguns, como o benzeno, podem ser carcinogênicos (ELSON, 1996 apud MALILAY, 1999).

1.6. Ozônio (O₃)

O ozônio presente na troposfera, a porção da atmosfera em contato com a crosta terrestre, é um gás derivado de reações fotoquímicas catalisadas pelos raios ultravioleta da luz solar, envolvendo, como precursores, óxido de nitrogênio (NOX) e compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (COVS). Portanto, pode ser produzido na atmosfera a partir dos gases emitidos pela queima de biomassa.

O ozônio é um potente agente oxidante, é pouco solúvel em água e atinge as porções mais distais do sistema respiratório com facilidade e tem sido um dos poluentes mais estudados (HATCH *et al.*, 1994). Animais de laboratório e seres humanos expostos ao ozônio mapearam seus efeitos sobre o sistema respiratório. Perdas de células ciliadas em bronquíolos terminais e de pneumócitos tipo I são observadas em ratos, após exposição a níveis entre 0,5 e 0,9ppm de O₃, por 6 a 10 horas (STEVENS *et al.*, 1974).

Exposição a níveis mais baixos, entre 0,1 e 0,3ppm, porém por tempo mais prolongado, também provoca lesões teciduais em ratos (PLOPPER *et al.*, 1979), camundongos (DZIEDZIC; WHITE, 1987) e macacos (HARKEMA *et al.*, 1987).

Aumento da resposta inflamatória, com aumento de neutrófilos, proteínas, prostaglandinas e alteração da permeabilidade vascular, é descrito após exposições agudas a 0,4ppm (KOREN *et al.*, 1989), a 0,35ppm (SCHELEGLE *et al.*, 1991), 0,10ppm por 6,6 horas (DEVLIN *et al.*, 1991) e, a 0,2ppm por 4 horas (BALMES *et al.*, 1996).

A exposição ao ozônio das células epiteliais humanas, *in vitro*, eleva sua produção de citocinas e de fibronectina (DEVLIN *et al.*, 1994). Outro efeito constatado é a diminuição da capacidade de fagocitose do epitélio respiratório de camundongos, levando-os à morte por infecção (CANNING *et al.*, 1991; GILMOUR; SELGRADE, 1993).

Observou-se também, em diversos estudos, que indivíduos saudáveis expostos a concentrações de ozônio variando entre 0,12 e 0,5ppm, durante um período de 1 a 3 horas, com exercício físico e aumento da ventilação, apresentam queda das medidas de

função pulmonar (HAZUCHA; BATES, 1975; MCDONELL *et al.*, 1985; LAURITZEN; ADAMS, 1985; GONG *et al.*, 1986; KEHRL *et al.*, 1987; HAZUCHA *et al.*, 1994).

Outro estudo, realizado em adultos, constatou um sinergismo entre ozônio e NO₂, pois houve queda do volume expiratório forçado do 1º segundo (VEF1) somente após a exposição aos dois poluentes (HAZUCHA *et al.*, 1994).

O ozônio também se associou a decréscimo da função pulmonar, em crianças de 8 a 14 anos, durante período de férias em um acampamento de verão em Nova Jersey, 1988. As crianças saudáveis apresentaram pequena, porém significativa, queda da função pulmonar medida através da medida do “*peak flow*”, realizada 2 vezes ao dia, por 4 semanas. O efeito se mostra cumulativo sendo maior na exposição prolongada (SPEKTOR *et al.*, 1991).

Os dois principais indicadores, utilizados para a análise da condição de saúde coletiva, são: o número de internações para cada doença (morbidade) e a mortalidade. As doenças respiratórias destacam-se no caso da morbidade, no Brasil, por serem a segunda maior causa de internação, sendo, a primeira, por parto e pelas gestantes (SOUZA e SANT’ANNA NETO, 2006).

É importante destacar a necessidade de políticas públicas de controle da qualidade do ar em cidades, que busque a qualidade de vida e o bem-estar da população.

Salienta-se que os estudos sobre a relação do clima com as doenças respiratórias estão ligados, principalmente, com as grandes metrópoles, sendo a poluição do ar uns dos agravantes para tais patologias. Nota-se, então, uma ausência de estudos sobre essa relação em cidades médias, como Campo Grande, com população em torno de 800.000 habitantes.

Neste trabalho, o interesse foi estudar as doenças respiratórias na cidade de Campo Grande-MS e encontrar resultados que ajudem a melhorar esta realidade, pela prevenção. Para isso, iremos abordar neste estudo as doenças respiratórias, através de técnicas estatísticas, encontrar modelos preditores de internações a partir das variáveis ambientais. Com isso, ajudar precocemente na prevenção (quando possível) de internações e no gasto eficiente dos recursos econômicos e humanos.

1.7. Perfil de Morbi-Mortalidade e Variações Meteorológicas

1.7.1. Aspectos climáticos da região do estudo.

SOUZA (*et al.*, 2009) utilizando o método de Koppen, o clima na região de Campo Grande é denominado do tipo Cfa, com temperaturas moderadas variando de mínima 17,8 °C, máxima de 29,8 °C e média de 22,7 °C, com chuvas bem distribuídas e verão quente, a umidade relativa média do ar é de 72,8%. SOUZA & GRANJA (1997) encontraram ventos predominantes de Leste em Campo Grande, MS, com ocorrência de Norte nos meses de janeiro a dezembro, cujos valores anuais resultaram em 24% de Leste, 19,8% de Norte e 12,2% de Nordeste, tendo as calmarias representadas 12% com velocidade média de 3,1 m/s, e precipitação média mensal de 122,4mm e média anual de 1469 mm.

Os problemas epidemiológicos¹ entendem-se como sistemas dinâmicos altamente instáveis, que repetem seus eventos em diferentes escalas, definindo os pontos sensíveis de modo que podem estudar problemáticas ecológicas, superando a ideia original dos complexos patogênicos. Com isso, o uso das geotecnologias entre variáveis de saúde, seus determinantes e seus contornos socioeconômicos fizeram com que diversos preconceitos étnicos, culturais e ambientais fossem incorporados à chamada “Tecnologias Ambientais”.

Na Fundação Osvaldo Cruz (FIOCRUZ), no Rio de Janeiro, estão os estudos dos pesquisadores Ulisses Confaloniere, Cristóvão Barcelos, na investigação das variáveis climáticas, poluição atmosférica e seus efeitos na saúde humana.

Na década de 80, foi criado o Laboratório de Poluição Experimental (LPAE), do Departamento de Patologia da Universidade de São Paulo, que passou a realizar uma série de estudos experimentais e epidemiológicos para verificar os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde da população na cidade de São Paulo (BOHM *et al.*, 1983; SALDIVA *et al.*, 1985; SALDIVA *et al.* 1992; SALDIVA *et al.*, 1994, SALDIVA *et al.*, 1995; SALDIVA, 1998; LIN, 1997; BRAGA, 1998; BRAGA *et al.*, 2001).

Um dos principais usos das informações de morbidade² e mortalidade é na realização dos diagnósticos e monitoramento da saúde da população. A análise do perfil

¹ Estudos epidemiológicos – Estudos de processos saúde-doença em coletividades humanas que analisam a distribuição e os fatores determinantes das enfermidades, danos à saúde e eventos associados à saúde coletiva, propondo medidas específicas de prevenção, controle ou erradicação da doença (Rouquayrol, 1999).

² Morbidade – Conjunto de indivíduos que adquiriram doenças num intervalo de tempo.

de morbidade no Município contribui para a definição das prioridades para a atuação dos serviços de saúde na prevenção de doenças, atuando nos fatores que determinam ou mesmo organizam os serviços para o atendimento das necessidades da população. Sob essa ótica, torna-se fundamental estabelecer e antecipar a periodicidade e a sazonalidade da incidência de patologias específicas, permitindo aos serviços que se organizem frente ao aumento da demanda e consigam solucionar problemas encontrados.

Durante certas condições meteorológicas, algumas pessoas podem se queixar de problemas de bem-estar ou mesmo de doença, como no caso de umidade excessiva do ar que condiciona desconforto ambiente. As condições do tempo podem exacerbar determinadas doenças, principalmente nos idosos e nas crianças, mais vulneráveis a doenças relacionadas com as condições ambientais.

A gripe (influenza) é uma das doenças respiratórias³ que mais acometem o homem. É causado por um vírus específico, chamado vírus influenza: "*Myxovirus influenzae*", que possui a capacidade de mudar constantemente suas características, o que possibilita que um mesmo indivíduo tenha vários episódios de gripe durante a vida.

Por causa das mutações e da rápida disseminação da doença, as epidemias e pandemias caracterizam a importância da gripe (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

As pandemias de gripe são epidemias anuais e o monitoramento é de alta prioridade. Abaixo estão algumas das epidemias mais comuns de gripe no mundo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005):

1.8. Principais Episódios

- a) Vale do Meuse, 1930 (Bélgica)
 - Duração: 5 dias;
 - Grande número de pessoas adoeceu, com a seguinte sintomatologia: dores no peito, tosse, dificuldade de respiração, irritação nasale dos olhos. A partir do 3º dia o problema acentuou-se.

³ **Doenças respiratórias** são as que afectam o trato e os órgãos do sistema respiratório. Os factores de risco são tabagismo, a poluição, a exposição profissional a poluentes atmosféricos, as condições alérgicas e doenças do sistema imunitário, entre outros.

Existem 14 tipos diferentes de doenças respiratórias: Broncopatias, Pneumopatias, Transtornos respiratórios, Fístula do trato respiratório, Doenças torácicas, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica, Transtornos da motilidade ciliar, Doenças nasais, Hipersensibilidade respiratória, Infecções respiratórias, Doenças da traqueia, Doenças da laringe ou laringopatias, Doenças pleurais, Anormalidades do sistema respiratório, Neoplasias do trato respiratório.

- Ao final de 1 semana 60 pessoas morreram, principalmente pessoas idosas, que já portadoras de doenças do coração e pulmões.
 - Morte no gado.
 - Presumiu-se que uma combinação de diversos poluentes esteve associada com o episódio; é destacada a presença de gotículas de ácido sulfúrico resultante de altas concentrações de dióxido de enxofre com a presença de gotículas d'água.
 - Acentuada inversão de temperatura.
- b) Donora, 1948 (Pensilvania, EUA) – outubro 1948
- Duração: 5 dias.
 - 43% da população (14.000 habitantes) adoeceu, cuja sintomatologia era de irritação do trato respiratório e dos olhos.
 - 20 pessoas morreram, principalmente pessoas que já eram portadoras de doenças cardíaca e do sistema respiratório.
 - Presumiu-se que a presença de dióxido de enxofre e material particulado em suspensão no ar esteve associada com o episódio.
 - Inversão de temperatura e anticiclone estacionário na região Nordeste dos EUA, associada a intensa neblina.
 - Uma fundição de zinco, 1 fundição de aço e numerosas metalúrgicas foram as fontes causadoras.
- c) Posa Rica, 1955 (MEXICO)
- Duração: 25 minutos
 - 320 pessoas foram hospitalizadas, das quais 22 morreram.
 - Presença de gás sulfídrico na atmosfera, lançado acidentalmente por uma indústria de recuperação de enxofre de gás natural, foi responsável pelo episódio.
- d) Londres, 1952 (Inglaterra)
- Duração: 5 dias.
 - Grande número de pessoas adoeceu, sendo que aumentaram o número de admissões em hospitais de portadores de doenças respiratórias.
 - Cerca de 3.500 a 4.000 pessoas morreram a mais do esperado para esse período.

- A mortalidade foi maior para o grupo de pessoas idosas, e naqueles que já eram portadores de bronquites, bronco-pneumonia e doenças do coração.
 - A presença de doença em suspensão (4,46 mg/m) e de dióxido de enxofre (3,75 mg/m) atribui-se o episódio.
- e) Bauru, Agosto de 1952 (São Paulo – Brasil)
- Duração: 1 semana
 - Foram registrados 150 casos de doenças respiratórias agudas e 9 óbitos.
 - Bronquites e manifestações alérgicas do trato respiratório superior foram os principais efeitos.
 - Comprovou-se que o episódio foi provocado pela emissão na atmosfera de pó de mamona, por uma indústria de extração de óleos vegetais.
 - Suspensas as atividades da fábrica, cessaram os casos da doença.
- f) Nova Iorque, 1953 (Nova Iorque, E.U.A.)
- Duração: 5 dias
 - Excesso de mortes dos esperados em todos os grupos etários.
 - Presença de dióxido de enxofre (2 mg/m) associada com o episódio.
- g) Nova Orleans, 1955 (Louisiana , E.U.A)
- Aumentada frequência de asma.
 - Presumiu-se que o poluente deste episódio foi poeira de uma indústria de farinha.
- h) Mineápoles, 1956 (Minesota, E.U.A.)
- Epidemia de asma em população vizinha à indústria de cereais.
- i) Episódio espalhado pelo mundo inteiro no período novembro – dezembro de 1962.
- Leste dos E.U.A., 27 de Nov – 5 dez.
 - Londres, 5 a 7 de dez. (100 mortes em excesso)
 - Roterdan, 2 a 7 de dez.
 - Hamburg, 3 a 7 de dez.
 - Osaka, 7 a 10 de dez. (excesso de 60 mortes).
- j) Sevejo (Itália, julho de 1976).

Uma nuvem tóxica de dioxina substancia 10.000 vezes mais tóxica do que o cianureto, escapa da indústria química Icmesa, localizada na cidade vizinha de Meda, e,

levada pelo vento, atinge Sevejo. Cerca de 500 moradores da região, em sua maioria crianças, foi atacadas pela cloracne, uma doença que causa erupções na pele, e 113 mulheres que estavam grávidas ou engravidaram durante o período foram autorizadas a abortar porque seus bebês poderiam nascer defeituosos. Os responsáveis pela empresa não informaram à população o que havia acontecido na esperança de que a nuvem tóxica se dissipasse.

Descobriu-se que foram lançados na atmosfera 2 quilos de dioxina – quantidade enorme, já que ela é capaz de os cromossomas humanos, mesmo a infinitesimal dose de 0,2 ppb. As armas químicas e desfolhantes usados pelos americanos na Guerra do Vietnã, como o (agente laranja), tinham como componentes a dioxina.

Foram registrados pelo menos trinta casos de mortes causados por câncer de fígado e número não calculado de pessoas com graves distúrbios gastrintestinais que estavam na região, nestes últimos anos.

Hoje não há mais vestígios da contaminação em Sevejo. A icmesa foi demolida e condenada a pagar uma indenização de 154 milhões de dólares à região atingida pela nuvem tóxica.

k) Lago da Paz (República dos Camarões) 21 de agosto de 1986

Uma gigantesca nuvem de gases tóxica sai do fundo de um lago vulcânico e mata mais de 1.700 pessoas. Os sintomas e indícios descritos atestam que a nuvem era composta, entre outras substâncias de:

- Dióxido de carbono, que matam ao interferir no processo respiratório: provoca morte por asfixia.

Já a pneumonia é uma doença que afeta cerca de 2,1 milhões de brasileiros todos os anos. Essa doença é a principal causa de internação hospitalar (mais de 960 mil casos por ano) e a quinta causa de morte no Brasil. Dos 24.756 óbitos por pneumonia registrados no último levantamento do SUS (2005), 70% eram de pacientes com mais de 65 anos. Geralmente, é causada por bactérias, vírus e fungos.

Dentre esses, a pneumonia bacteriana é a mais comum (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Os sintomas da pneumonia, geralmente aparecem de forma aguda ou rápida, mas podem se desenvolver também lentamente. No início dos sintomas, a pneumonia pode ser confundida com uma gripe ou resfriado forte (BANCO DE SAÚDE, 2008).

Trata-se de uma doença que afeta mais os idosos, pessoas com doenças crônicas ou que tenham imunidade baixa embora possa afetar também crianças, jovens e adultos saudáveis. Nas crianças, a pneumonia é a principal causa de morte em todo o mundo.

O risco de ter pneumonia também aumenta nas seguintes situações:

Portadores de doenças crônicas como diabetes, câncer, enfisema pulmonar ou doenças cardiovasculares, pessoas cuja imunidade esteja baixa, como portadores da AIDS e pessoas que utilizam medicamentos para quimioterapia ou drogas imunossupressoras (no caso de câncer, transplante de órgão ou doenças auto-imunes), fumantes ou alcoólatras. Afeta ainda indivíduos internados em unidades de terapia intensiva (UTI), pessoas expostas a certos tipos de produtos químicos (agrotóxicos, químicas industriais) ou à poluição atmosférica (BANCO DE SAÚDE, 2008).

1.9. Estudos Nacionais

A vulnerabilidade de crianças e idosos em relação à poluição atmosférica decorre de peculiaridades fisiológicas. Na criança, fatores como maior velocidade de crescimento, maior área de perda de calor por unidade de peso, elevadas taxas de metabolismo em repouso e consumo de oxigênio, possibilitam que os agentes químicos presentes na atmosfera acessem suas vias respiratórias de forma mais rápida em comparação aos adultos. Nos idosos, fatores relacionados à baixa imunidade e à redução da função ciliar contribuem para aumentar a vulnerabilidade para o adoecimento respiratório relacionado aos poluentes do ar.

Os estudos desenvolvidos no Brasil relacionados aos eventos de queima de biomassa e incêndios e os seus efeitos à saúde, através de um delineamento ecológico e transversal em função da elevada concentração de fumaça nas cidades que ficam localizadas no arco do fogo nos estados de Mato Grosso, Acre, Rondônia, Tocantins, Amazônia, e foram desenvolvidas pelos pesquisadores: MASCARENHAS *et al*, 2008; SOUZA, LSN, 2008; ROSA *et al*, 2008; CASTRO *et al*, 2009; IGNOTTI *et al*, 2010; CARMO *et al*, 2010; RODRIGUES *et al*, 2010; SILVA, AMC, 2010; ANDRADE, VSF, 2011; OLIVEIRA, BFA, 2010 (Tabela 1).

Em estudo realizado para monitorização da qualidade do ar, na cidade de Araraquara, comparando os períodos de safra e entressafra da cana-de-açúcar demonstrou-se um

Tabela 1: Principais estudos em Mato Grosso

Referências	População	Delineamento	Resultados	Desfecho
Mascarenhas <i>et al.</i> , 2007	Todas as idades. Rio Branco, Acre.	Ecológico de Série Temporal	Aumento da DR em crianças < 10 anos; Correlação positiva entre a concentração de PM 2,5 e atendimentos por asma.	Atendimentos de emergência por doenças respiratórias e asma
Souza, 2008	Crianças <4a e Idosos + de 65a. Rio Branco, Acre.	Ecológico de série temporal	Relação entre o aumento dos focos de queima com o aumento das internações hospitalares por DAR	Hospitalizações por DAR
Rosa <i>et al.</i> , 2008	Menores de 15 anos. Tangará da Serra, Mato Grosso.	Transversal	Aumento das internações hospitalares por doenças respiratórias no período das queimadas (seca)	Hospitalizações por DAR, pneumonia e Insuficiência.
Saldanha <i>et al</i>	Crianças menores que 5 anos	Ecológico de Série Temporal	Atendimento por asma e focos de calor	Aumento no atendimento por asma em crianças menores que 5 anos.
Castro <i>et al.</i> , 2009	Idosos acima de 65 anos. Rondônia	Ecológico de série temporal	Relação entre taxa de mortalidade por DAR e DPOC e o número de focos de calor.	Tendência crescente dos óbitos por DAR e DPOC
Ignotti <i>et al.</i> , 2010	Todas as idades. Microrregiões da Amazônia Brasileira	Ecológico de série temporal	Relação entre PM2, 5, taxa de hospitalizações por doenças respiratórias e complicações no parto.	Associação com doenças respiratórias dentre os grupos mais Vulneráveis
Carmo <i>et al</i>	Todas as idades Alta Floresta Mato Grosso.	Ecológico de série temporal	Relação entre PM2, 5, e atendimento por doenças respiratórias em crianças e idosos	Um incremento de 10µg/m ³ nos níveis de exposição ao material particulado esteve associado a aumentos de 2,9 e 2,6% nos atendimentos por doenças respiratórias em crianças.
Rodrigues <i>et al</i>	Asma em idosos em toda a Amazônia legal	Descritivo com análise espacial	Taxa padronizada de internações por asma em idosos e análise de Kernel nos períodos chuvosos e secos	No período seco verificou se que as taxa de internações eram o triplo das internações no período chuvoso.

Silva	Todas as idades Mato Grosso	Ecológico de série temporal	Relação entre PM _{2,5} , e atendimento por doenças respiratórias em crianças e idosos	Associação estatisticamente significativa entre PM _{2,5} e internações por doenças respiratórias
Andrade	Crianças com doenças respiratórias em Manaus, Amazonas.	Ecológico de série temporal	Relação entre PM _{2,5} , e atendimento por doenças respiratórias em crianças.	Associação com PM _{2,5} e umidade relativa do ar.
Oliveira	Crianças entre 6 e 14 anos de idade, tangara da Serra, Mato Grosso.	Avaliação de risco de exposição ao PM _{2,5}	Avaliação de risco de exposição ao PM _{2,5} e crianças residentes em Tangara da Serra em 2008	Durante a estação seca, a exposição ao nível do PM _{2,5} representou risco toxicológico para crianças entre 6 e 14 anos residentes em áreas de queima de biomassa.

Fonte- GONÇALVES *et al*, 2012

aumento importante das concentrações de O₃ no período da safra, com mediana de 60µg/m³ (percentil 25 de 33,2µg/m³ e percentil 75 de 95,1µg/m³), comparado com o período entressafra, no qual a mediana foi de 30,0µg/m³ (percentil 25 de 17,5µg/m³ e percentil 75 de 48,1µg/m³). Neste período de amostragem, em quatro medidas, sua concentração média foi maior que 160µg/m³ preconizados pela CETESB como limite máximo permitido (ARBEX, 2000). O risco relativo (RR) de visita hospitalar associado ao aumento de 10mg de peso de sedimento foi de RR=1,09 (IC 95%: 1; 1,19) e RR= 1,20 (IC 95%: 1,03; 1,39) para inalação no dias poluídos. Entretanto, os autores salientaram que vários fatores contribuíram para a piora da qualidade do ar durante a safra da cana além da queimada, tais como maior movimentação de caminhões e máquinas e poeira das estradas.

Em estudo realizado em Piracicaba, SP, foram quantificadas internações hospitalares diárias por doenças respiratórias, em crianças e adolescentes (abaixo de 13 anos de idade) e em idosos com mais de 65 anos. As análises apontaram que a queima de biomassa e re-suspensão do material em erosão no solo são responsáveis por 80% de PM_{2,5}. Aumento de 10 µg/m³ ao PM relacionava-se a um aumento de 21% nas internações. Entretanto, o autor alerta para fatores de confusão como temperatura do ar e precipitação, uma vez que grande parte do período de queima coincide com inverno e seca, não controlados no estudo (RIBEIRO, 2008 apud CANÇADO, 2003).

Em Bauru, São Paulo, LOPES & RIBEIRO (2006) verificou a correlação entre as emissões das queimadas de cana-de-açúcar e os registros de problemas respiratórios, através de técnicas de geoprocessamento. Os autores utilizaram como variáveis os focos de calor detectados por satélite e a incidência de internações por afecções das vias aéreas superiores, no período de 2000 a 2004. Por meio da análise de correlações espaciais dos mapas elaborados, observou-se maior incidência de doenças respiratórias em regiões onde há mais intensa prática de queimadas.

COELHO-ZANOTTI (*et al*, 2010), desenvolveu um estudo para obter a partir de uma análise estatística um modelo capaz de prever internações a partir dos dados de poluição do ar e índices biometeorológicos. Para isso, foram utilizados dados diários de 1997 a 2000, referentes à cidade de São Paulo. Os dados de internações por doenças respiratórias foram divididos em três categorias: AVAS (Afecções Vias Aéreas Superiores), AVAI (Afecções das Vias Aéreas Inferiores) e IP (Influenza e Pneumonia), estes dados foram obtidos junto ao Ministério da Saúde. Os dados referentes à poluição foram obtidos junto à CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) e os dados meteorológicos foram obtidos da estação meteorológica do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga. Os índices de conforto térmico foram descritos com base em variáveis meteorológicas. Através de uma metodologia estatística de Regressão de Poisson e Análise de Componentes Principais (ACP), encontraram-se modelos estatísticos capazes de prever em média internações por doenças respiratórias. Esses modelos foram nomeados MBCS (Modelo Brasileiro de Clima e Saúde). A ACP foi utilizada a fim de corroborar a modelagem de regressão. Os resultados encontrados mostraram associação entre AVAS e SO_2 , CO (ambos sem defasagem) e com o índice biometeorológico (com defasagem de 4 dias). Os resultados chamam atenção para o SO_2 que, mesmo muito abaixo do padrão de qualidade do ar recomendado, ainda provoca acréscimos nas internações. Para as AVAI, os resultados mostram associações entre os poluentes MP10, O₃ (ambos sem defasagem) e índice biometeorológico (com 3 dias defasamento). Com relação à IP, as variáveis que se mostraram relacionadas foram MP10 (sem defasagem) e índice biometeorológico (com 3 dias defasagem). Para verificar o *skill* do modelo, utilizou-se o ano de 2001. Os modelos apresentaram erro médio de 15% para AVAS, 30% para AVAI e 44% para IP com relação à previsão das internações. No que diz respeito à ACP, essa concorda com o que foi encontrado na modelagem de Poisson. Porém, para AVAI e IP, os *scores* dos poluentes e dos índices deverão ser usados separadamente. Esses resultados mostram que o MBCS poderá ser

utilizado para previsão de internação, contribuindo para políticas públicas e os meios de comunicação, ajudando nas tomadas de decisões e evitando desperdícios econômicos e humanos.

SOUZA (*et al*, 2010), realizaram um estudo onde analisa a associação entre exposição à poluição atmosférica, temperatura, umidade do ar e precipitação e internações hospitalares no Município de Campo Grande-MS, visando subsidiar a elaboração de medidas para redução dos riscos à saúde. Realizou-se um estudo ecológico de séries temporais, analisando hospitalizações por causas respiratórias em relação aos níveis diários observados de poluentes, por meio de modelos de correlação de Pearson. O poluente, ozônio, apresentou associação significativa com internações respiratórias. Um aumento de 5,3 ppb. no nível de concentração de ozônio associa-se ao incremento de 10% nas internações por doenças respiratórias. Essas associações entre aumento no nível de poluentes na atmosfera e o aumento de hospitalizações estão de acordo com a literatura sobre o assunto e indicam que os níveis atuais de contaminação do ar no Município de Campo Grande têm impacto na saúde de sua população.

SOUZA (*et al*, 2010) estudaram as variações na composição química da atmosfera e com a emissão e deposição de poluentes na superfície terrestre e seu impacto em doenças respiratórias. Os objetivos desse trabalho foram de estudar o comportamento da radiação solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta; calcular o índice de limpidez; observar a frequência de dias claros com base nos valores do índice de limpidez e fazer uma correlação com a concentração de ozônio de superfície e pneumonia em crianças. Realizou-se um estudo na série temporal, de 1/janeiro/2006 a 31/dezembro/2006, em Campo Grande-MS, para avaliar a ocorrência diária de atendimentos de emergência por doença respiratória e sua relação com a concentração de ozônio na superfície, radiações solar global, extraterrestre e índice de ultravioleta e índice de limpidez. Houve uma correlação positiva entre a radiação solar global, extraterrestre, índice de ultravioleta e índice de limpidez e uma correlação negativa entre ozônio e radiação solar global, extraterrestre, índice de ultravioleta e índice de limpidez e uma correlação positiva entre pneumonia e concentração de ozônio. Não houve uma correlação estatisticamente significativa entre o índice de limpidez da atmosfera, pneumonia e ozônio.

SOUZA (*et al*, 2007) utilizou o método de regressão múltipla, "stepwise", mantendo no modelo os elementos meteorológicos que mais contribuíam sobre a incidência das doenças, teste de hipóteses, F, com nível de significância de 5%. Houve

influência dos elementos meteorológicos na incidência do dengue, meningite e pneumonia em João Pessoa com R^2 de 0,34, 0,25 e 0,23 respectivamente, os elementos meteorológicos preditores da incidência das doenças em João Pessoa, são a Temperatura máxima e a Precipitação.

1.10. Análise dos Modelos Estatísticos para Estudos Epidemiológicos

Os modelos por doenças respiratórias são, em termos gerais, todos os procedimentos matemáticos ou estatísticos, que resultarem em uma estimação de parâmetros ambientais da qualidade do ar.

Embora os modelos para estimação das doenças respiratórias sejam indispensáveis em estudos da avaliação da qualidade do ar, suas limitações devem sempre ser enfatizadas aos interessados. Uma vez que um modelo foi desenvolvido, a aplicação do modelo será relativamente simples; entretanto, coletar os dados de entrada necessários pode ser trabalhoso. Os modelos podem ser usados para estimar o número de internações, contanto que a informação de emissões esteja disponível.

A modelagem de internações por doenças respiratórias pode ser usada em inúmeras situações, tais como:

- Projetar uma fábrica de modo a minimizar os impactos da descarga, selecionando adequadamente altura e posição das chaminés;
- Planejar programas de redução das emissões, por exemplo, determinando quais fontes e químicos contribuem em maior parte para os riscos previstos para a saúde pública;
- Planejar medidas de prevenção e diminuição de danos para minimizar as consequências de descargas acidentais de grandes quantidades de materiais tóxicos.

Desta forma, a previsão dos níveis de concentração de poluentes é um requisito indispensável para determinar possíveis danos a serem provocados por novas fontes ou mesmo por fontes existentes de emissão de gases a serem modificadas. Neste âmbito, a modelagem matemática/estatística é uma ferramenta importante para a obtenção dessas previsões.

Uma grande quantidade de modelos diferentes vem sendo aplicada no estudo das internações por poluição atmosférica e dados climáticos. Eles são diferenciados sobre muitos aspectos: os conceitos físicos subjacentes, a escala temporal e espacial, tipos de componentes, etc.

Os modelos estatísticos são ferramentas valiosas em estimar a relação entre indicadores da qualidade do ar e indicadores de saúde da população, podem facilitar a avaliação da forma e da intensidade de associações de interesse em estudos epidemiológicos (RIBEIRO, 2003).

Uma das questões mais debatidas no meio científico é a relação direta e quantificável entre a Poluição Atmosférica e a Saúde da população humana. A maior parte das evidências que dão suporte a uma associação de curta duração entre eventos críticos de poluição e indicadores adversos de saúde vem de estudos epidemiológicos ambientais que utilizaram regressão de séries temporais de contagens de mortalidade ou morbidade com uma variedade de covariáveis, tais como: medidas de poluição que representam a exposição pessoal dos indivíduos, variáveis climáticas e meteorológicas, além de variáveis de confundimento. Embora existam alguns resultados controversos entre estudos a partir de reanálises de dados, a existência de associação significativa entre a poluição atmosférica e efeitos na saúde da população é aceita na comunidade epidemiológica.

Se considerarem-se estudos em que o objetivo é avaliar os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde dos habitantes centros urbanos, a variável resposta, nesses estudos, geralmente é alguma contagem de eventos que representam danos à saúde, como o número de óbitos ou o número de internações por determinada causa respiratória. A escolha da concentração de alguns gases como Óxidos de Nitrogênio (NO_x), Dióxido de Enxofre (SO₂), Monóxido de Carbono (CO) ou material particulado (PI) como candidatas a variáveis explicativas também é bastante comum. Além disso, há evidências tanto teóricas quanto empíricas de que as possíveis variáveis respostas citadas acima são fortemente influenciadas por fatores sazonais e pelas condições climáticas, como a temperatura e a umidade do ar, por exemplo. Entretanto, a maneira como esses fatores exercem sua influência sob o desfecho não é tão óbvia. As relações entre as diversas variáveis intervenientes podem não apresentar o mesmo comportamento ao longo de todos os valores do seu domínio e, mesmo se o apresentarem, a intensidade da associação pode não ser constante; por exemplo, o número de óbitos pode variar linearmente numa determinada faixa de valores de temperatura, e quadrática ou exponencialmente em outras (CONCEIÇÃO, 2001).

Outros aspectos a serem considerados nos estudos que avaliam os efeitos da poluição utilizando séries de contagens são a distribuição da variável resposta, a presença de tendência e sazonalidade, variáveis de confundimento (geralmente

temperatura e umidade), a existência de defasagem entre o aumento da poluição e a ocorrência do evento, a presença de superdispersão (variabilidade alta) e a possível existência de autocorrelação entre as observações medidas ao longo do tempo, entre outros (BRAGA *et al.*, 1999).

Uma metodologia bastante empregada na tentativa de solucionar os problemas citados envolve o ajuste de Modelos Lineares Generalizados. Nesse caso, o controle da sazonalidade é realizado por intermédio do emprego de variáveis indicadoras para estações do ano, meses do ano ou meses de estudo, ou da inclusão de termos de seno e co-seno de diferentes frequências etc (BRAGA *et al.*, 1999).

1.11. Modelo Linear Generalizado (MLG)

É possível utilizar métodos análogos àqueles desenvolvidos para o modelo de regressão linear gaussiana, em situações em que a variável resposta obedece a outras distribuições que não a Normal, ou em que a relação entre a variável resposta e as variáveis explicativas não é linear. Isto se deve, em parte, ao conhecimento de que muitas das boas propriedades da distribuição Normal são partilhadas por uma larga classe de distribuições chamada de família exponencial de distribuições.

Muitas distribuições conhecidas pertencem a essa família, como a própria Normal, a Poisson, a Binomial, a Gama etc.

Os modelos lineares generalizados foram primeiramente apresentados por NELDER E WEDDERBURN (1972) e englobam os modelos de regressão linear simples e múltipla, regressão logística, regressão de Poisson e muitos outros, como modelos log-lineares para dados categorizados.

2. JUSTIFICATIVA

Esta tese mostra que além dos poluentes, os índices biometeorológicos também são responsáveis pelas internações por doenças respiratórias, em Campo Grande.

A Meteorologia desenvolveu modelos matemáticos que permitem prever as condições atmosféricas com boa confiabilidade. Contudo, ainda não se utilizou as saídas destes modelos para prever internações. Este trabalho vem mostrar a possibilidade de usar tais informações para prever internações a partir das mudanças nas condições de tempo.

Cabe destacar a taxa de crescimento de Campo Grande, some-se a isso, o aumento da frota de veículos automotivos. Existe uma carência de estudos que proponham metodologias de modelagem do fenômeno da poluição aplicável ao caso da cidade de Campo Grande para se compreender a tendência a médio e longo prazo. A importância de estudos como esse reside no fato de que não se sabe ao certo como o incremento populacional, aumento da circulação de veículos e do processo de urbanização estará impactando na qualidade de vida dos seus habitantes.

A metodologia estatística desenvolvida neste trabalho poderá ser aplicada a diversos outros estudos que tratam da observação de fenômenos ao longo do tempo. Será possível, por exemplo, observar como os elementos da natureza irão se comportar frente às variações climáticas, bem como verificar qual o impacto de tais mudanças entre a população e nas cidades.

O modelo desenvolvido pode servir ainda para a previsão desses fenômenos, possibilitando uma ação preventiva em casos em que houver prejuízos à vida humana. E por fim, servirá como instrumento que poderá subsidiar o processo de definição de políticas públicas, direcionando investimentos para garantir a qualidade de vida da população.

Para isso será preciso, antes de tudo, estudar as principais metodologias de modelagem de dados de poluição atmosférica e seus avanços nos últimos anos e ainda, compreender a metodologia de avaliação da qualidade do ar, utilizada pelos órgãos de controle responsáveis.

3. OBJETIVO

- Estimar os efeitos da poluição do ar, dos índices de Conforto Térmico Humano (índices biometeorológicos) e das condições meteorológicas sobre a ocorrência de internações por doenças respiratórias por faixa etária na população residente em Campo Grande.
- Descrever as internações hospitalares segundo os tipos de doenças respiratórias;
- Verificar as associações entre as doenças respiratórias e as variáveis ambientais (poluente ozônio, variáveis meteorológicas e os índices biometeorológicos).
- Criar modelo preditivo para estimar internações diárias por doenças respiratórias a partir dos poluentes e dos índices biometeorológicos (CTH).

4. METODOLOGIA

Foram utilizados dados de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação, concentração de ozônio, velocidade dos ventos, número de internações por doenças respiratórias, referentes ao período de 2004 a 2010 de Campo Grande-MS cujas coordenadas geográficas são: 20°27S; 54°37W; 530m e população estimada em 850.000 mil habitantes.

4.1 Dados de Saúde:

Para a correlação dos dados meteorológicos com o agravamento de doenças respiratórias foram coletados dados de internação hospitalar, junto aos órgãos de saúde Departamento de Informática do SUS - Sistema Único de Saúde (DATASUS).

Os dados disponíveis foram oriundos do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS), gerido pelo Ministério da Saúde, por meio da Secretaria de Assistência à Saúde, em conjunto com as Secretarias Estaduais de Saúde e a Secretaria Municipal de Saúde, e processado pelo DATASUS, da Secretaria Executiva do Ministério da Saúde.

As unidades hospitalares, participantes do SUS (públicas ou particulares conveniadas), enviam as informações das internações, efetuadas pela AIH-Autorização de Internação Hospitalar, para os gestores municipais (gestão plena) ou estaduais (os demais). Essas informações são processadas no DATASUS, gerando os créditos referentes aos serviços prestados e formando uma valiosa base de dados, as quais contêm grande parte das internações hospitalares, realizadas no Brasil.

Ressalta-se que o SIH/SUS coleta variáveis relativas às internações: identificação e qualificação do paciente, procedimentos, exames e atos médicos realizados, diagnóstico, motivo da alta, valores devidos, etc. Por meio da internet, o DATASUS disponibiliza as principais informações para tabulação sobre as bases de dados do SIH/SUS.

4.2 Tipo de estudo

Este é um estudo ecológico de séries temporais. Este tipo de delineamento é caracterizado por estudar grupos de indivíduos, geralmente por regiões geográficas. No caso deste trabalho o local estudado é a cidade de Campo Grande-MS.

A cidade de Campo Grande, MS ($20^{\circ}27'16''$ S; $54^{\circ}47'16''$ W, 650 m), está localizada no planalto denominado Maracaju-Campo Grande a 150 km do início da maior planície alagável do mundo, o Pantanal Mato-grossense (139.111 km² de área).

A população de estudo foi formada por pessoas que moravam na cidade de Campo Grande e que foram internadas devido a doenças do aparelho respiratório, no período de 2004 até 2010. Foram analisadas todas as internações com diagnóstico de doenças respiratórias de todos os hospitais próprios e conveniados ao Sistema Único de Saúde (SUS). Estes dados são registros das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) de hospitais públicos e privados e que atendem à parcela da população que não dispõe de planos de saúde privados, de caráter particular ou custeado por empresas (<http://www.datasus.gov.br>).

As informações que constam no banco de dados são: o número do Cadastro do Contribuinte (CGC) do hospital, cidade em que está localizada, idade do paciente, sexo, causa da internação, procedimento realizado, código de endereçamento postal do paciente, tempo de internação, data da alta ou óbito, dias de internação em UTI, entre outras informações. Dentre as informações constantes no banco de dados foram selecionadas para este trabalho a data de internação, o diagnóstico, a idade do paciente.

4.3 Dados de Ozônio de Superfície

Registros diários da concentração de O₃ presente na atmosfera durante no ano de 2006 foram cedidos pela Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, em cujo Campus localizava-se a estação de monitorização. As medidas de ozônio são feitas através de coleta de amostra de ar contendo ozônio que é aspirada sobre o solo através de um tubo, por uma bomba de ar e através de uma válvula solenoide essa amostra é levada para a célula de absorção. A amostra de ar uma vez passa pelo conversor catalítico, outra vez pela célula de absorção diretamente. O conversor catalítico funciona como um destruidor de ozônio, transformando-o rapidamente em O₂. Com este procedimento tem-se ora medidas com ozônio, ora sem ozônio, o que serve para localizar o zero absoluto do aparelho. A luz UV gerada pela lâmpada de mercúrio incide na célula de absorção que contém ozônio. A intensidade da luz é atenuada proporcionalmente à concentração de ozônio, sendo esta atenuação medida pelo detector principal. Este detector contém um fotodiodo que transforma o sinal óptico em eletrônico, que por sua vez é detectado por um eletrômetro, sendo este sinal

transformado em pulsos. A frequência ou taxa de pulsos é proporcional a corrente de entrada, e, portanto, proporcional à intensidade de luz, podendo ser usadas diretamente para as medidas. As concentrações medidas pelo aparelho são dadas em ppm (partes por milhão). Os valores medidos pelo analisador são mostrados em um display e registrados em um computador podendo ser armazenados ou impressos. Para se produzir uma medida da concentração de ozônio, o seguinte ciclo é realizado: a) O gás passa através de um ciclo seletivo de O_3 , em uma câmara ventilada (3 segundos); b) A medida de i_0 é feita através de um detector de medida de UV, usando uma medida de UV como referência. Passando para uma válvula como solenóide; c) O gás passa diretamente para uma câmara de medida, onde permanece mais 3 segundos; d) A medida de i é feita através da medida de UV, comparando com o UV de referência. Um ciclo completo dura aproximadamente 10 segundos.

4.4 Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram obtidos da Estação Meteorológica da Empresa Brasileira de Gado de Corte-EMBRAPA, distante 10 km do local de medida da concentração de ozônio na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Em termos geográficos, situa-se na latitude de $23^{\circ}39'S$ e a longitude $46^{\circ}37'W$. Além disso, os observadores meteorológicos são capacitados e treinados para a correta coleta dos dados.

Quanto aos instrumentos, todos estão em constante manutenção e calibração. Com todos estes cuidados, os dados do EMBRAPA possuem alta confiabilidade. Através da inclusão das variáveis meteorológicas verifica-se a sua influência sobre a população que deu entrada nos hospitais com problemas respiratórios. As variáveis meteorológicas utilizadas nas análises foram consideradas independentes.

4.4.1 Temperatura do ar (Tar)

A temperatura do ar é uma grandeza física, resultado do balanço energético entre a superfície da terra e a atmosfera, variando com a altitude e com as mudanças na condição do tempo provocadas por sistemas sinóticos, sazonalidade ou até mesmo entre microrregiões que possuem características ambientais, arquitetônicas e geográficas diferentes. As observações horárias da temperatura do ar são efetuadas entre 7h e 24h.

Temperatura é uma grandeza física que mensura a energia cinética média de cada grau de liberdade de cada uma das partículas de um sistema em equilíbrio térmico.

4.4.2 Umidade relativa do ar

Definida como a relação entre a quantidade real de vapor d'água em um dado volume de ar, para a quantidade máxima que estaria presente se o ar estivesse saturado à mesma temperatura e pressão. É dada pela relação entre a pressão parcial do vapor d'água e a pressão parcial de saturação do vapor d'água, sendo dada em porcentagem. As avaliações horárias de diversas variáveis relacionadas ao vapor d'água são efetuadas, entre 7h e 24h.

4.4.3 Precipitação diária total

Neste estudo o termo precipitação será usado refere apenas à água precipitável. Esta quantidade meteorológica é medida três vezes ao dia, e o acumulado dessas medições será utilizado como precipitação diária total.

Um pluviógrafo de Hellmann (marca Lambrecht), instalado no cercado meteorológico é empregado, a posteriori: (a) na avaliação de totais horários de precipitação entre cada hora inteira, e (b) na estimativa de valores de intensidade de precipitação. **Índice pluviométrico** é uma medida em milímetros, resultado do somatório da quantidade da precipitação de água (chuva, neve, granizo) num determinado local durante um dado período de tempo.

4.4.4 Velocidade (m/s) e direção do vento (graus)

Este parâmetro é medido a cada hora. Neste estudo a direção usada será a direção predominante e o valor utilizado será a média diária e o valor máximo. Os valores são medidos em m/s.

O **Vento** é o fluxo de gases em curta escala. Na Terra, este corresponde ao deslocamento do ar, que migra de regiões de alta pressão atmosférica para pontos onde essa pressão é inferior.

4.5 Índices de Conforto Térmico Humano (CTH).

Conforto térmico pode ser definido como: “a condição da mente a qual expressa satisfação com o ambiente térmico”. Deste modo, cada pessoa terá seu próprio conforto térmico. O conforto térmico é afetado pela temperatura do ar, movimento do ar (velocidade), umidade, vestimenta, nível de atividade (quantidade de trabalho físico realizado), temperatura média radiante (temperatura média das paredes, solo, janelas, etc.) e muitos outros fatores.

Entretanto, os principais fatores ambientais que contribuem para o conforto térmico são a temperatura do ar, umidade e a velocidade do ar, que serão consideradas neste trabalho. Para analisar o conforto térmico no período de estudo, foram utilizados diversos índices biometeorológicos, utilizados anteriormente por MAIA (2002) em sua dissertação. Apesar de tais índices não levarem em conta os processos fisiológicos do corpo humano eles consideram os processos desencadeantes das respostas fisiológicas ao estresse térmico provocando frio ou calor.

Neste trabalho iremos focar dois tipos de CTH: O primeiro é o Índice de Temperatura Efetiva (TE) e o outro é o Índice de Temperatura Efetiva com vento (TEv).

Houghten e Yaglou, enquanto trabalhavam para o *Laboratory of the American Society of Heating and Ventilating Engineers*, desenvolveram o conceito de “temperatura efetiva”, a qual é definida com uma escala sensorial do grau de “mormaço”, combinando a temperatura do ar, umidade e vento dentro de um índice (YAGLOU, C.P.; 1949).

No TE utilizam-se apenas duas variáveis: temperatura e umidade. O critério utilizado foi o intervalo de 22°C a 25°C para a situação confortável (THOM, 1959). Utilizando os extremos das variáveis foi possível simular situações quente e seca (TE1), quente e úmida (TE2), média (TE3), frio e úmido. Já no índice Temperatura Efetiva em Função do Vento (TEv), além dessas duas variáveis (temperatura e umidade) utiliza-se o vento médio. Também para este índice foram feitas as mesmas simulações (respectivamente de TEv1 a TEv3).

- Temperatura Efetiva (TE), os parâmetros meteorológicos utilizados são a temperatura (°C) e a umidade relativa do ar (%).

- Temperatura Efetiva em função do Vento (TEv), além da temperatura e umidade é utilizado o parâmetro vento (m/s).

Esses índices foram escolhidos devido à literatura afirmar que os mesmos representam satisfatoriamente o clima (GONÇALVES *et al*, 2006). Eles foram calculados segundo as seguintes expressões matemáticas:

$$TE = T - 0.4(T-10)(1-UR/100) \quad (1)$$

onde: TE é a temperatura efetiva (°C), T é a temperatura do bulbo seco, UR é a umidade relativa (%).

$$TEv = 37 - (37 - T) / [0.68 - 0.0014UR + 1 / (1.76 + 1.4v^{0.75})] - 0.29T(1 - UR/100) \quad (2)$$

onde: TE_v é a temperatura efetiva em função do vento (°C); T é a temperatura do bulbo seco (°C); UR é a umidade relativa em (%) e v é a velocidade do vento (m/s).

Esses índices foram divididos em três faixas variando desde muito frio até muito quente. Esse critério é conhecido como “critério de Fanger” e foi obtido como resultado de medições das respostas fisiológicas do ser humano quando é exposto ao calor ou frio.

4.6 Análises Estatísticas

Neste estudo foi feita uma análise descritiva das variáveis e, posteriormente, as hipóteses foram testadas utilizando os Modelos Múltiplos de Regressão e Análise Multivariada de Componentes Principais.

A variável resposta de uma regressão de Poisson⁴ deve seguir uma distribuição de Poisson onde a média da variável resposta deve ser igual à variância. Quando se trabalha com dados experimentais, nem sempre isto acontece podendo ocorrer uma super dispersão (variância maior que a média) ou uma sub-dispersão (variância é menor que a média). Mesmo assim ainda é possível aplicar o modelo de regressão de Poisson realizando-se transformações (TADANO *et al*, 2009).

As manifestações biológicas dos efeitos da poluição e dos parâmetros climáticos sobre a saúde humana apresentam, aparentemente, uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores e climáticos. Os atendimentos observados em um dia específico podem tanto estar relacionados à poluição e ao clima do referido dia, como ao da poluição e clima observados em dias anteriores. Portanto é necessária a determinação de uma estrutura de “lag” (defasagem) (COELHO *et. al*, 2010).

⁴ (Regressão de Poisson – Utilizada quando a variável resposta é não negativa em forma de contagem).

Antes da realização da modelagem de Regressão de Poisson (MRP) foram calculados os lags, pois se sabe que as doenças do aparelho respiratório geralmente apresentam defasagem em relação à exposição dos indivíduos aos agentes climáticos. Foram usados lags variando de 1 a 7 dias, pois o objetivo do estudo é de verificar a existência de correlação entre o nº de internações hospitalares devido a doenças respiratórias e as variáveis ambientais para um período máximo de uma semana.

Realização da matriz de correlação entre as variáveis de estudo com seus respectivos lags para definir a entrada dessas variáveis no modelo segundo o grau de significância estatística e verificar a existência de colinearidade entre as variáveis independentes.

Como a variável de interesse o número de internações por doenças respiratórias (DRU) não segue distribuição de Poisson, visto que a variância é muito superior à média, foi realizada uma transformação usando-se a raiz de DRU com a qual a variância e a média se tornam muito parecidas.

Construção dos modelos Univariados de Regressão de Poisson para a seleção das variáveis meteorológicas que apresentaram significância (valor-p) menor que 0,25 para então realizar os Modelos Multivariados de Regressão de Poisson (com estas variáveis) usando-se a seguinte equação:

$$\ln(DRU) = \alpha + \sum \beta_i (X_i) \quad (3)$$

onde DRU é a variável dependente (número de internações por doenças respiratórias na cidade de Campo Grande), α e β são os parâmetros a serem estudados e X_i são as variáveis independentes.

Realização de ajustes no MRP através das variáveis reguladoras dias da semana, feriado e ano e cálculo do risco relativo (RR) usando os parâmetros estimados no modelo mediante a seguinte fórmula:

$$RR = \exp.(\beta * X) \quad (4)$$

onde X é o valor da variável independente e β é o parâmetro estimado pela regressão de Poisson.

Para o cálculo de acréscimo percentual de internações, utilizou-se:

$$A = [(\exp.(\beta * X)) - 1] * 100 \quad (5)$$

onde X é o limiar que se quer estimar da variável independente e β é o parâmetro estimado pela regressão de Poisson.

O intervalo de confiança utilizado foi de 95% e usou-se a seguinte equação:

$$IC95\% = \exp[\beta \pm 1,96 * \text{epd}(\beta)] \quad (6)$$

onde epd é erro padrão de β .

4.7 Análises descritivas

A análise estatística deve começar pela parte descritiva. A população de estudo foi descrita utilizando porcentagens para as variáveis qualitativas. As quantitativas foram descritas por meio de tendência central (média, mediana) e de dispersão (desvio padrão, percentis) e o coeficiente de variação (CV).

4.8 Utilizações do Erro Quadrático Médio (EQM) para verificar a destreza do modelo.

$$EQM = \sqrt{\frac{1}{n} [(P_i - O_i)]^2} \quad (7)$$

onde: P_i é o valor estimado e O_i o valor observado.

4.9 Análises de componentes principais (ACP)

A ACP originou-se em 1901, quando Karl Pearson publicou um trabalho sobre o ajuste de um sistema de pontos multivariados em um plano. Pearson centrou-se naqueles componentes, ou combinações lineares das variáveis originais, para os quais a variância não explicada era mínima. Estas combinações geraram um plano, função das variáveis originais, no qual o ajuste do sistema de pontos “foi melhor”, por ser mínima a soma das distâncias de cada ponto ao plano de ajuste.

Em 1933, Hotelling formulou a ACP da forma que utilizamos nos dias atuais, seu enfoque centrava-se na análise das componentes que sintetizam a maior variabilidade do sistema de pontos (o que justifica o nome “principal”). Inspeccionadas estas componentes, que resumem a maior proporção possível da variabilidade total entre o conjunto de pontos, pode encontrar-se um meio para classificar e detectar relações entre os pontos.

Os objetivos mais importantes da ACP são: gerar novas variáveis que podem expressar a informação contida em um conjunto de dados originais; reduzir a dimensionalidade e eliminar, quando possível, algumas variáveis originais caso carreguem pouca informação.

Neste trabalho, o objetivo da ACP consiste em transformar p variáveis originais correlacionadas (morbidade, parâmetros meteorológicos, ozônio e índice de conforto térmico) em k componentes ortogonais (não correlacionadas), sendo estas componentes combinações lineares das variáveis originais, conservando-se a variância original.

A correlação existente entre as p variáveis indica que alguma informação contida numa variável estará também contida em alguma das outras $p-1$ variáveis. Desta forma, a ACP permite não só a redução da dimensão da matriz de dados, mas também investiga o comportamento espacial e temporal das variáveis envolvidas no problema, bem como detecta grupos de variáveis que apresentam comportamento homogêneo.

Na prática são criados k componentes ($k \leq p$), dependentes das correlações das variáveis originais (matriz de correlações \mathbf{R} (quadrada)), cada caracterizada por um escalar λ_k (*eigenvalue* ou autovalor) e um vetor $\mathbf{A} \neq 0$ de dimensão $p \times 1$ (*eigenvector* ou autovetor). O valor de λ_k é a quantidade da variância explicada pelo respectivo eixo, enquanto que os autovetores (apk) são o cosseno do ângulo formado entre as componentes e os eixos originais.

Os autovalores e autovetores podem ser obtidos da seguinte equação:

$$(\mathbf{R} - \lambda \mathbf{I})\mathbf{A} = 0$$

onde \mathbf{I} é a matriz identidade.

As componentes principais (Y) são calculadas sucessivamente. A variância total inicial só seria totalmente explicada pelo primeiro fator se as variáveis iniciais se correlacionassem de forma perfeita (r iguais a $+1$ ou -1). No entanto isto praticamente não acontece, verificando-se por isso que cada uma das k componentes explica parte da variância total inicial. A primeira componente é a que explica a maior quantidade da variância e a última é a que explica menor quantidade, uma vez que um determinado eixo k só pode explicar a variância que as componentes anteriores $k-1$ não conseguiram explicar. Deste modo, as primeiras componentes são as que geralmente apresentam maior interesse.

Convencionalmente, a solução máxima é denominada λ_1 e utiliza-se a seguinte notação, de maneira que se cumpra:

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_k \geq 0$$

Assim, como dito anteriormente, a Y_1 sintetiza a maior variabilidade possível do conjunto de dados originais, a Y_2 sintetiza a maior variabilidade residual, sujeita à condição de não correlacionada com Y_1 , e assim até a k -ésima componente.

O peso dos fatores (*factor loadings*), uma das mais importantes informações da ACP, é a correlação entre cada componente principal e as variáveis originais, e é calculada por:

$$r_{y_k x_p} = a_{pk} \sqrt{\frac{\lambda_p}{p_k}}$$

onde sp é a variância das variáveis originais (igual a 1 quando utilizamos a matriz de correlação).

A retenção de um número k limitado de componentes explicativos de grande parte da variância total traduz-se geometricamente por uma transposição de um espaço inicial de p dimensões para um espaço de k dimensões. Este procedimento usual implica uma definição de critérios que permita estipular qual a quantidade da variância explicada que é importante. Um dos critérios mais comuns é a retenção das componentes cujos autovalores são iguais ou superiores a um (critério desenvolvido por Kaiser em 1960). Isto significa que não são retidos os fatores que não expliquem pelo menos a quantidade de variância equivalente à explicada por cada uma das variáveis originais.

É possível fazer rodar cada um dos novos eixos para novas posições, otimizando-as, ou seja, objetivando a maximização da variância da “nova variável” (componente). A técnica mais usual é a rotação VARIMAX (VARIance MAXimizing) Normalizada (FERREIRA, 2000).

5. RESULTADOS

5.1 Descrições das internações de doenças respiratórias

A Figura 1 ilustra um padrão típico de internações hospitalares (morbidade) por doenças respiratórias, as percentagens das médias dos meses dos anos de 2004 a 2010, como exemplo de um padrão típico.

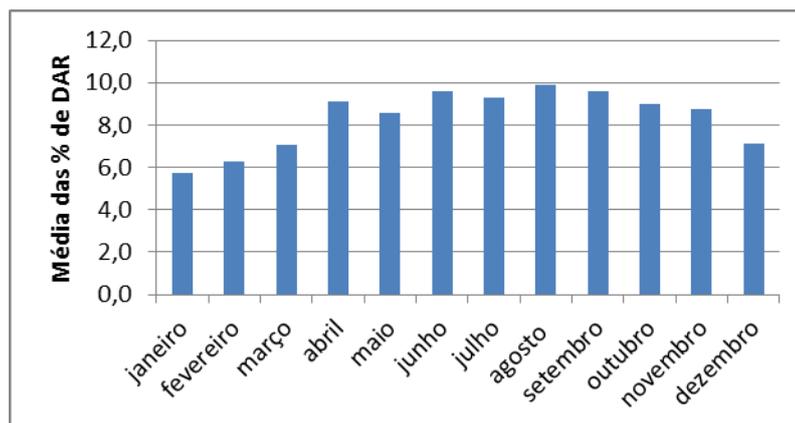


Figura 1. Percentagem das médias da frequência mensais de morbidade por doenças respiratórias (DAR) nos anos de 2004 a 2010.

No período de estudo (01 de janeiro de 2004 a 31 de dezembro de 2010) o número de internações por doenças respiratórias foram de 26941, com uma média de 10,5 internações diárias, com um mínimo de 2 e máximo de 23 internações, e a tendência das internações é decrescente.

Tabela 2: Descrições das internações das variáveis de doenças respiratórias todas as idades e por faixa etária.

Variável	Média	DP	Variância	Mínimo	Mediana	Máximo	Internações
DAR Total	10.54	3.30	10.86	2.00	10.00	23.00	26941
0-4 anos	5.06	1.75	3.05	1.00	5.00	13.00	12945
5-60 anos	2.67	1.21	1.47	0.00	2.00	8.00	6835
> 60 anos	2.80	1.07	1.14	0.00	3.00	7.00	7160

A Figura 1 apresenta um comportamento das médias das percentagens mensais de internações por doenças respiratórias. De acordo com os dados, observou-se um padrão sazonal entre os períodos de chuva, seca e transição, com destaque para os

trimestres (abril, Maio, junho, julho, agosto e setembro) onde ocorre o pico de internações que corresponde à estação seca, baixa precipitação, umidade relativa do ar e temperaturas mínimas.

Ao comparar este padrão com os registros de ozônio entre os anos de 2004 e 2010, verifica um incremento dos atendimentos por doenças respiratórias em função do ozônio, entre agosto, setembro e outubro meses que compõem o período seco do ano e de intensificação das queimadas e uma maior concentração de ozônio na região.

Dentre as doenças catalogadas na Codificação Internacional de Doenças (CID 9ª e 10ª revisões) como Doenças do aparelho respiratório (460-496 e J00-J99 respectivamente), verificou-se que as maiores médias diárias de internações foram devido à influenza (gripe) e pneumonia (480-487 e J10-J18) representando 52,3% do total de internações. Em segundo lugar, foram às doenças crônicas das vias aéreas inferiores, tais como bronquite crônica, bronquite simples e muco-purulenta, enfisema, asma, estado de mal asmático e bronquectasia (490-496 e J40-J47) com 19,3%. Em terceiro lugar, com 11,3% e média diária de 5,2 ficaram as outras doenças das vias aéreas superiores (470-478 e J30-J39), tais como rinite alérgica e vasomotora, rinite, nasofaringite e faringite crônicas, sinusite crônica, pólipos nasais, outros transtornos do nariz e dos seios paranasais, doenças crônicas das amígdalas e das adenóides, laringites e laringo-traqueíte crônicas. As outras infecções agudas das vias aéreas inferiores (466 e J20-J22) como a bronquite aguda e bronqueolite, que tiveram média diária de 2,8 e representaram 6% do total de internações. Por último as infecções agudas das vias aéreas superiores (460-465 e J00-J06) representaram 4,3% das internações, sendo a média diária de 2,0. Essas doenças foram as seguintes: nasofaringite aguda (resfriado comum), sinusite, faringite, amigdalite, laringite, laringite obstrutiva, epiglote e traqueíte. As demais doenças do aparelho respiratório não atingiram 2,0 internações de média diária e tiveram porcentagem muito baixa – exceto o agrupamento de doenças não especificadas (508 e J95-J99), que representaram 4,9% de internações e média diária de 2,2. Contudo esse agrupamento, como o próprio nome diz, representa as doenças não especificadas e, por isso, não é possível saber qual a real causa de internações.

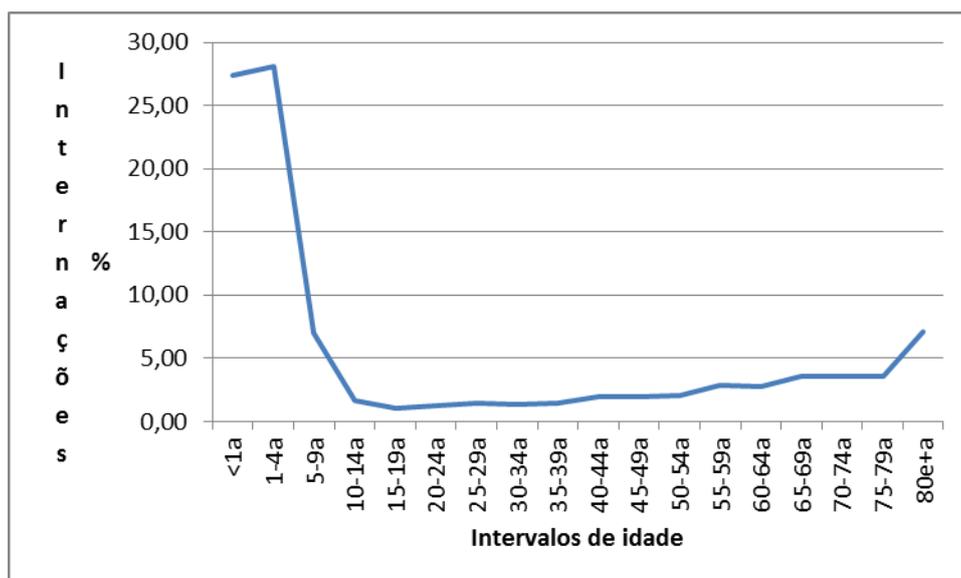


Figura 2: Percentagem média do número de internações por doenças respiratórias em função das idades no período de 2004-2010.

Quando analisado o número de internações por doenças respiratórias por faixa etária as maiores médias de internações para os anos de 2004 a 2010 foram às menores que 1 ano com média de 27,36%; de 1 a 4 anos com média de 28,10% e acima de 80 anos com média de 7,11% conforme Figura 2.

5.2 Caracterização do Ozônio

O O_3 se forma com maior frequência nos meses de inverno e primavera, porém em outras épocas do ano também é possível a sua formação. O valor máximo atingido pelo O_3 nesta série temporal foi de 52,8 ppb e o mínimo 0,7 ppb. A média e a mediana ficaram com valores de $(17,8 \pm 8,7)$ ppb e 16,2 ppb. Esse poluente foi medido em 2557 dias e, durante o período estudado, e não ultrapassou o padrão de qualidade do ar (81,2 ppb), (Tabela 3).

Tabela 3: Análise descritiva do ozônio

Variáveis	Registros	MÉDIA	Desvio Padrão	Variância	Mínimo	Máximo	Mediana	Tendência
Ozônio	2557	17.8	8.7	75.4	0.7	52.8	16.2	Crescente

5.2.1 Análise dos dados: Médias horárias mensais

Durante o período 2004 a 2010, medidas de concentração de ozônio foram realizadas ininterruptamente. O equipamento utilizado para essas medidas foi um analisador de ozônio, conforme descrito no item 4.2. Este analisador foi instalado ao

redor da cidade de Campo Grande- MS, numa região distante do perímetro urbano e, portanto livre de interferências de automóveis e indústrias. Apesar de termos realizado medidas da concentração de ozônio para todos os dias de 2004 a 2010 apresentaremos resultados das médias horárias dos anos com o objetivo de mostrar os diferentes comportamentos da concentração de ozônio para as horas do ano.

A Figura 3 a seguir, mostra a variação horária da média de concentração de ozônio para os anos de 2004 a 2010.

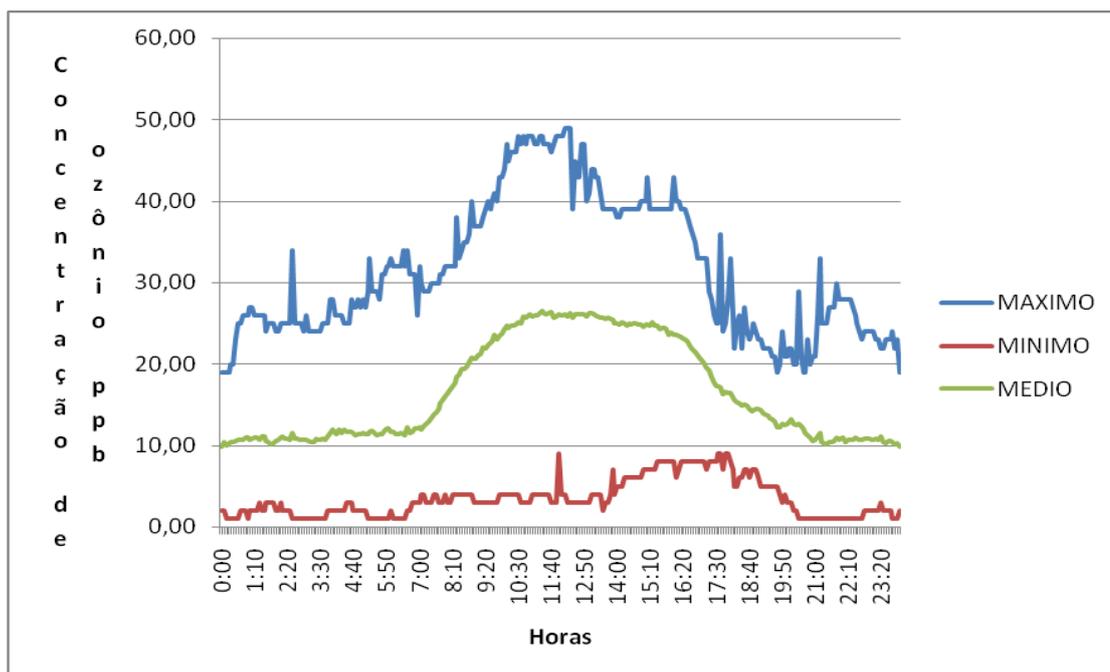


Figura 3: Média da Concentração horária de Ozônio – anos de 2004 a 2010.

Conforme mostra a Figura 3 podemos verificar que a concentração de Ozônio apresenta o seguinte comportamento: valores máximos durante o dia, atingindo o seu valor máximo entre 11h e 15h e valores mínimos durante a noite. A concentração média de ozônio é de $17,38 \pm 5,32$ ppb, tendo o valor máximo de 49,00 ppb às 12h15min, e o valor mínimo de 1,00 ppb na madrugada.

5.2.2 Média diária da concentração de ozônio

A concentração média de ozônio pode variar muito de um dia para outro, pois, dependendo da cobertura das nuvens e fatores climatológicos, podemos ter um aumento ou diminuição na sua concentração do ozônio.

Apresentamos na Figura 4, a média diária dos dias dos anos observada do comportamento da concentração de ozônio, essa falta de regularidade ou de linearidade

está relacionada a condições climáticas dos dias. As variações diárias da concentração de ozônio dependem unicamente das condições meteorológicas, tais como, presença de nuvens, radiação solar, chuva e vento.

Sabe-se que em dias mais ensolarados, a concentração de ozônio é maior, porque quanto mais radiação passa pela atmosfera, maiores serão as reações fotoquímicas que produzem o ozônio. Notamos que nos dias que as concentrações tiveram valores mínimos, coincidiram com os dias em que houve os maiores índices pluviométricos, para o respectivo mês. Esse fato está relacionado de que durante os dias chuvosos, devido à cobertura de nuvens, há uma diminuição na radiação ultravioleta que atinge a superfície e, portanto uma diminuição nas reações fotoquímicas que são responsáveis pela produção do ozônio.

Os maiores valores das concentrações de ozônio esta no período do inverno (julho, agosto e setembro) com um incremento nos meses de agosto, setembro e outubro quando ocorrem as queimadas para limpeza de pasto ou preparação da terra para plantio. Os valores da concentração de ozônio entre a estação seca e chuvosa chegam a triplicar de valores.

O vento também é um fator que influencia na concentração de ozônio, pois este leva espécies químicas de uma região para outra, assim, regiões que não poluem, também podem sofrer com concentrações altas de ozônio.

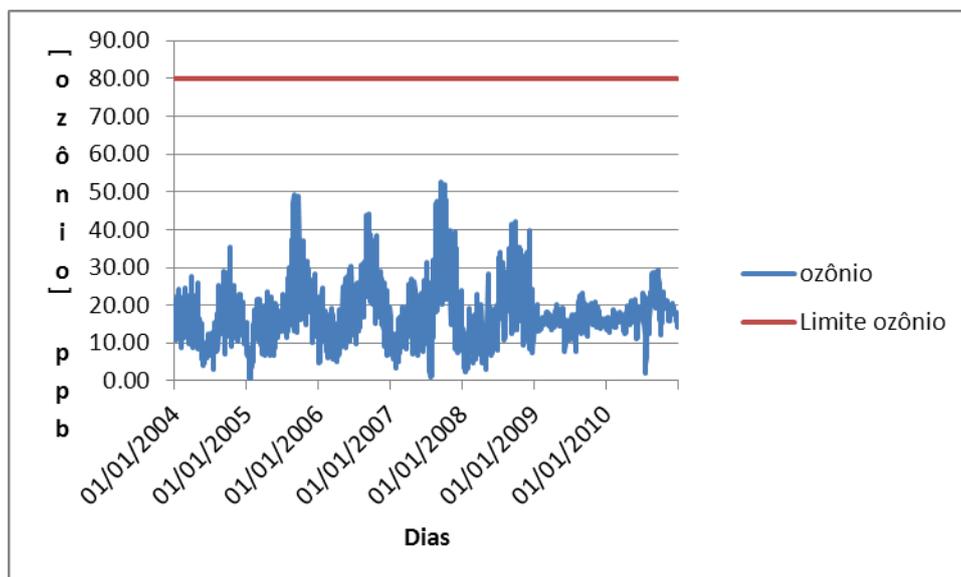


Figura 4: Série temporal das médias diárias de $[O_3]$ ppb em Campo Grande no período de 2004-2010.

5.3 Caracterizações das variáveis meteorológicas

Na Tabela 4 são apresentadas as variáveis meteorológicas; precipitação (mm), Temperaturas mínima, máxima e média ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e velocidade dos ventos (m/s). Os menores valores registrados na série de dados com relação às temperaturas foram: $4,5^{\circ}\text{C}$ para temperatura mínima, $9,8^{\circ}\text{C}$ para temperatura média e $11,1^{\circ}\text{C}$ para temperatura máxima. Com relação aos maiores valores registrados nas séries foram: 26,9; 30,8; 39,5 para as temperaturas mínimas, médias e máximas, respectivamente. Esses são os extremos de temperatura encontrados na série estudada. Para a variável umidade relativa os valores médios, mínimo e máximo foram: 19,2 e 98 %. A precipitação, nessa série de dados, teve os valores variando de 0,0 a 111,0 mm e a velocidade dos ventos com valor mínimo de 0 a 11,1 m/s. Nas Figuras 5 a 8 é mostrado às séries temporais de temperaturas, umidade relativa do ar, precipitação e velocidade dos ventos.

Tabela 4: Análise estatística descritiva das variáveis meteorológicas diárias.

Total		Desvio						
Variáveis	Registro	Média	Padrão	CoefVar	Mínimo	Mediana	Máximo	Tendência
Precipitação	2557	3,6	9,6	2,67	0,0	3,72	111,0	Estacionaria
Tempmin	2557	18,8	3,6	1,90	4,5	19,9	26,8	Estacionaria
Tempmax	2557	30,1	3,8	1,28	11,1	30,7	39,5	Crescente
Tempmed	2557	23,4	3,5	1,47	9,8	24,1	30,8	Estacionaria
Umidade	2557	65,7	16,4	2,49	19,1	67,0	98,0	Estacionaria
Velocidade	2557	4,31	1,7	4,64	0,0	4,0	12,0	Crescente

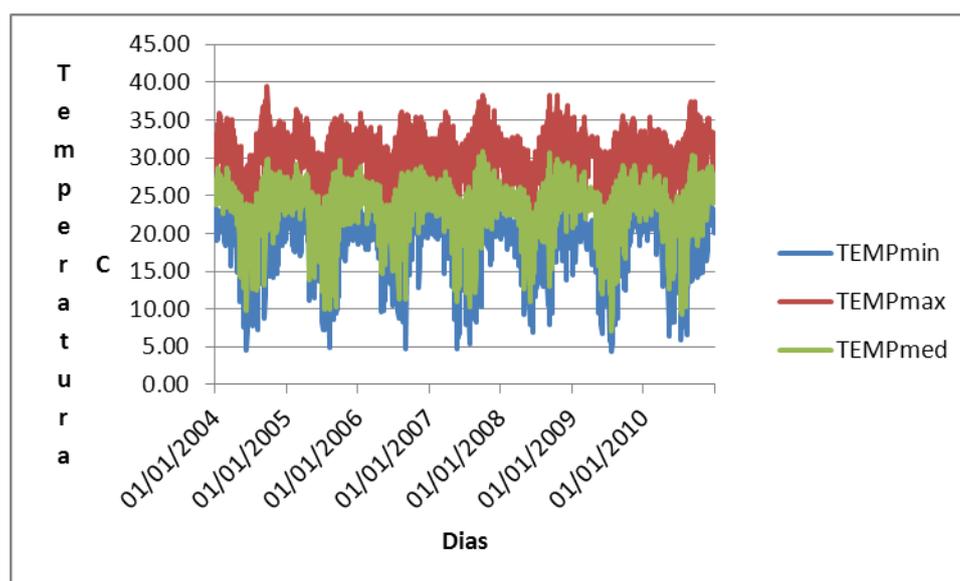


Figura 5: Série temporal das médias diárias das temperaturas mínima, média e máxima $^{\circ}\text{C}$ do ar no período de 2004-2010.

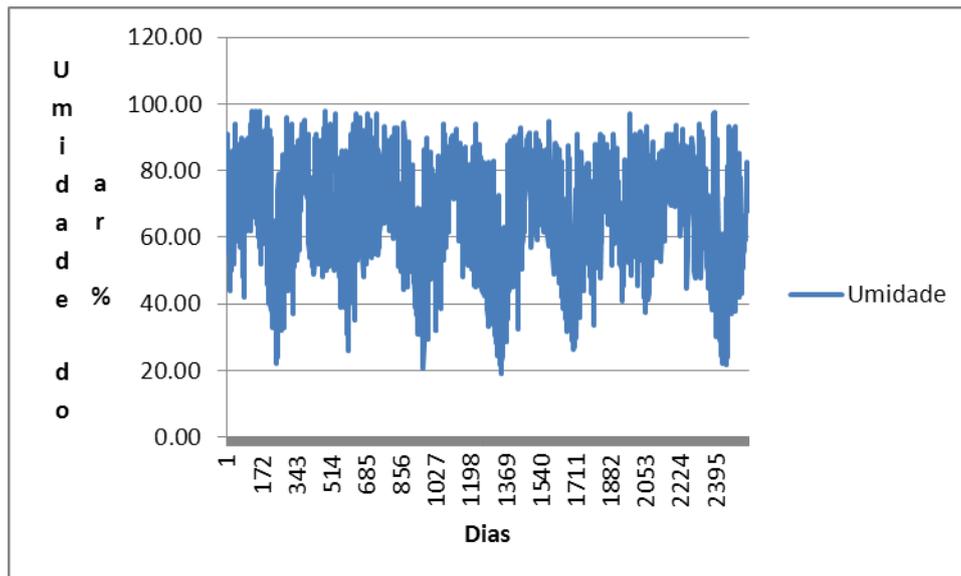


Figura 6: Série temporal da media diária da umidade relativa do ar no período de 2004-2010.

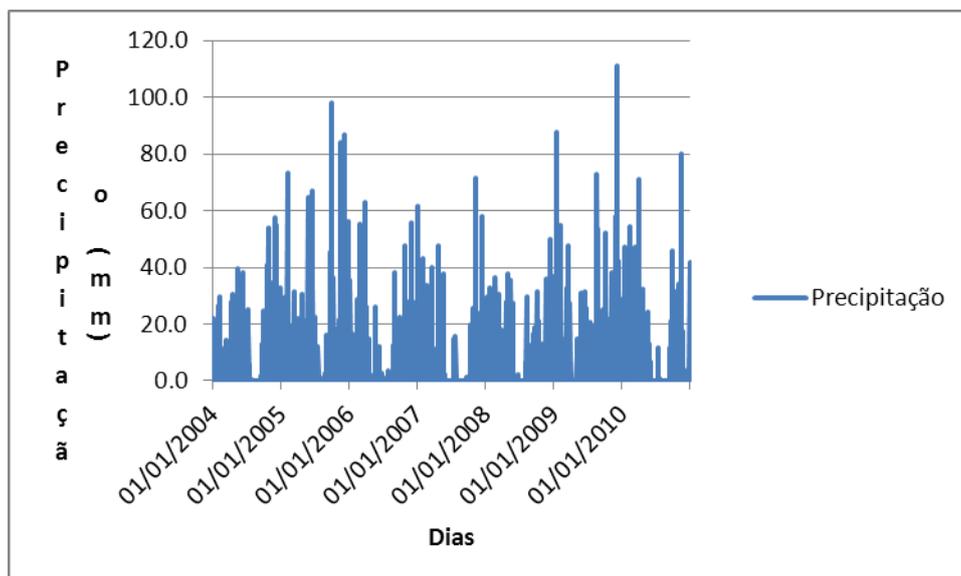


Figura 7: Série temporal da precipitação acumulada diária no período de 2004-2010.

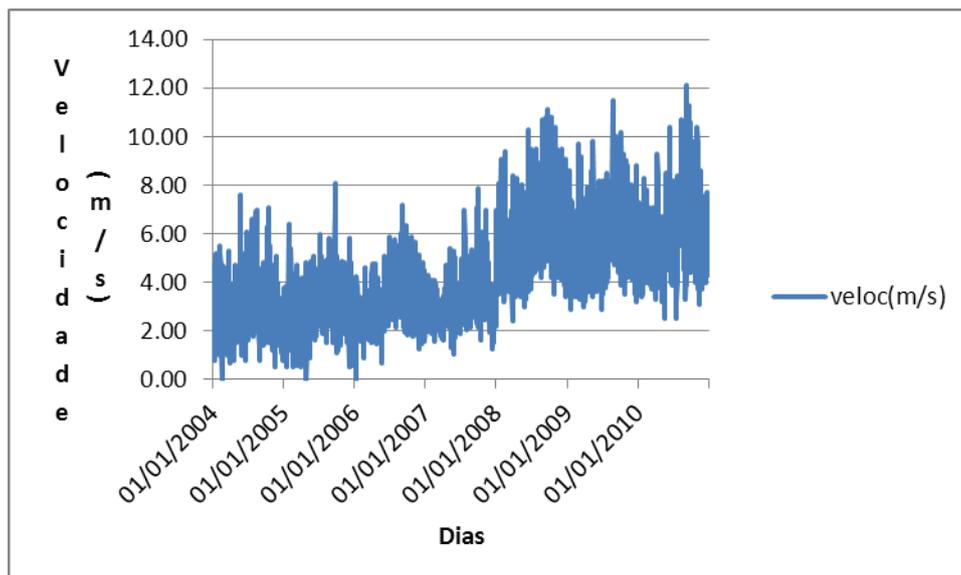


Figura 8: Série temporal da media diária da velocidade dos ventos no período de 2004-2010.

5.4 Caracterização dos índices de Conforto Térmico Humano (CTH).

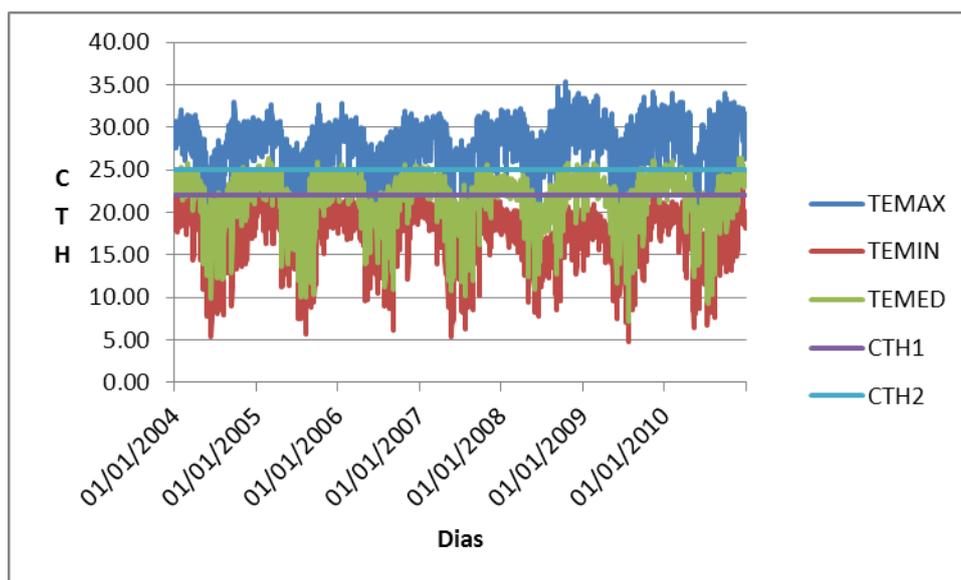


Figura 9: Série temporal do Índice de Conforto Térmico Humano (TE) em Campo Grande no período de 2004-2010. TEmax; Temin; TEmed; CTH1=22 e CTH2=25 °C.

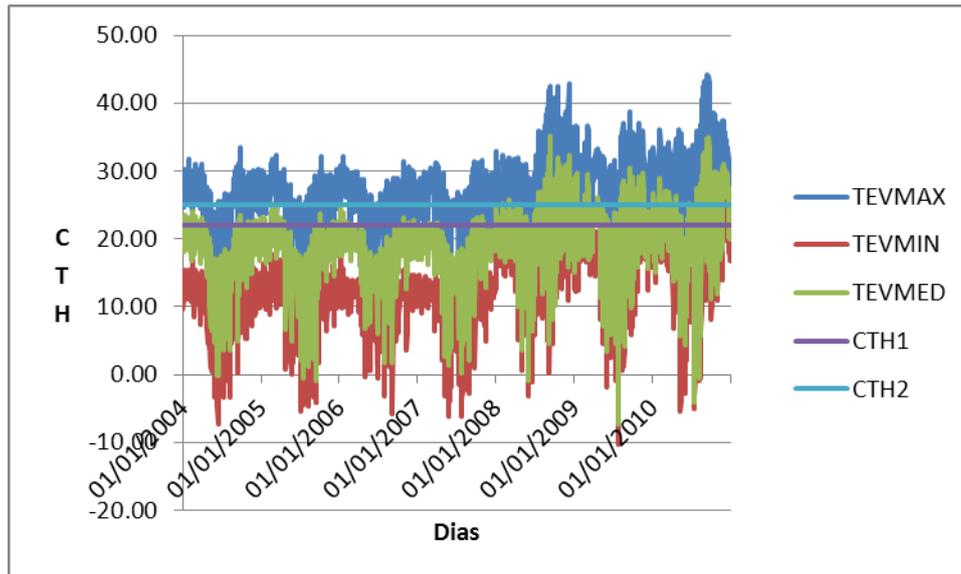


Figura 10: Série temporal do Índice de Conforto Térmico Humano (TEv) em Campo Grande no período de 2004-2010. TEvmax; Tevmin; TEvmed; CTH1=22 e CTH2=25 °C.

Na Tabela 5, estão descritos os índices de CTH, com suas respectivas simulações. Os índices TEv apresentam os **menores** e os **maiores** valores ao longo de toda a série.

Na Tabela 5, são apresentados os índices de CTH. Verifica-se que TE med e TEv med ambos apresentam médias bem próximas da mediana. Para o grupo de índices TE, o maior valor registrado na série de dados de CTH, foi de 33°C, e o menor foi de 5,3°C. No grupo de índices de TEv, o maior valor foi de 33,4°C, e o menor de -7,7°C.

Verifica-se, na Figura 9, que as combinações de temperatura mínima e umidade tanto máxima como mínima, sempre permanecem em intervalo desconfortável. No índice que leva em consideração o vento médio (Figura 10), nota-se que todas as combinações, em vários momentos entram na faixa confortável. Na média a cidade de Campo Grande pode ser considerada uma cidade confortável, pois conforme o período estudado, em média 32,7% dos dias encontrou-se na faixa dentro da zona de conforto térmico que é de 22 - 25°C, segundo critério Fanger.

Na tabela 6, está descrita a percentagem do número de dias de CTH segundo os critérios de FANGER 1972. Para os índices TE min, onde se utilizou as temperaturas mínimas e umidade relativa média, houve 1,4% dias confortáveis, para o índice TE max, onde se utilizou as temperaturas máximas e umidade relativa média foram 11,4% dos dias confortáveis e com o índice TE med, com a temperatura media e umidade

relativa média foram 48,8% dos dias confortáveis, já utilizando o índice TEv min com temperatura mínima, umidade relativa média e velocidade dos ventos foram 5,3% dos dias confortáveis, com índice TEv max com temperatura máxima, umidade relativa média e velocidade dos ventos foram 5,5% dos dias confortáveis e com o índice TEv med com temperatura média, umidade relativa média e velocidade dos ventos foram 26,7% dos dias confortáveis.

Tabela 5: Análise descritiva dos índices de Conforto Térmico Humano (CTH) diário.

Total		Média	D.Padrão	Mínimo	Mediana	Máximo	Tendência
Variável	Registro						
TEMAX	2557	27,2	3,0	27,8	27,8	33,0	Estacionaria
TEMIN	2557	17,6	3,2	18,5	18,5	23,3	Estacionaria
TEMED	2557	21,5	2,9	22,4	22,4	26,3	Estacionaria
TEVMAX	2557	25,0	4,4	25,9	25,9	33,4	Decrescente
TEVMIN	2557	9,6	4,3	10,6	10,6	19,1	Decrescente
TEVMED	2557	17,2	4,3	18,1	18,1	25,2	Decrescente

Tabela 6: Distribuição do número de dias dos índices de CTH (TE e TEv) de acordo com o critério de FANGER 1972.

Critério Fanger (°C)	TE min%	TE max%	TE med%	TEv min%	TEv max%	TEv med%
Muito frio <13	10,7	0,2	2,4	22,9	1,3	8,0
Frio (13 - 16)	13,1	0,4	5,3	17,2	1,5	6,5
Frio moderado (16-19)	35,7	1,8	10,4	31,7	2,7	8,6
Ligeiramente Frio (19-22)	39,1	6,1	29,3	22,4	4,4	19,9
Confortável (22-25)	1,4	11,4	48,8	5,3	5,5	26,7
Ligeiramente quente (25-28)	0	32,8	4,0	0,6	9,4	20,4
Quente moderado (28-31)	0	43,5	0	0	17,8	8,3
Quente (31-34)	0	3,7	0	0	24,7	1,5
Muito quente >34	0	0	0	0	32,8	0,2
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%

5.5 Análise estatística

5.5.1 Análise das Componentes Principais

Os resultados foram obtidos através de observações feitas em 14 variáveis que foram enumeradas, como observada para serem avaliadas de acordo com a metodologia aplicada.

Desta maneira as variáveis foram colocadas em um software estatístico onde foram obtidas para cada caso de morbidades as componentes principais que são

formadas por grupos de variáveis independentes que tem uma maior influência com cada variável dependente, e em seguida foi feita uma análise de regressão multivariada que nos mostram os seguintes resultados:

5.5.1.1 Internações hospitalares por doenças respiratórias para todas as idades.

Para a morbidade mencionada foi feita a ACP, onde a variância total explicada, através do método da análise da componente principal, foram obtidas três CPs, no qual, através da variância total explicada, os valores foram truncados acima de 3, onde o teste de inercia mostra quais foram os grupos de variáveis escolhidos e as três primeiras componentes explicam 77,36 % da variância.

Assim também foi formatada a matriz da CPs, através do método da rotação do tipo varimax e da normalização do tipo Kaiser que apresentou três CPs onde temos que a Tabela 7 abaixo mostra a interação:

Tabela 7 - Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares para todas as idades (DAR total) em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.

Variável	Fator1	Fator2	Fator3	Comunalidade
DAR total	-0.129	0.076	0.546	0.321
Ozônio	0.100	0.654	0.172	0.467
Precipitação	0.008	-0.634	0.159	0.428
TEMPmin	0.918	-0.119	-0.179	0.890
TEMPmax	0.843	0.450	-0.099	0.923
TEMPmed	0.955	0.196	-0.128	0.967
Umidade	-0.082	-0.885	-0.192	0.826
veloc(m/s)	0.046	0.021	0.873	0.765
TEMAX	0.922	0.131	-0.039	0.870
TEMIN	0.844	-0.264	-0.299	0.871
TEMED	0.963	-0.062	-0.200	0.970
TEVMAX	0.873	0.323	0.140	0.886
TEVMIN	0.903	-0.031	0.209	0.859
TEVMED	0.941	0.154	0.083	0.916
Autovalores	6.720	2.160	1.170	
% total de variância	51.720	16.620	9.020	
Variância cumulativa	51.720	68.340	77.360	

Na obtenção das Componentes Principais (CP), utilizamos a rotação VARIMAX. Após a rotação VARIMAX os autovalores indicam o quanto da variância de cada fator retido foi explicado. Os valores que estão em **negrito** indicam os

elementos com pesos mais significativos e que possibilitam a identificação das variáveis representativas no processo. A comunalidade (h^2) indica o quanto à variabilidade dos dados foi significativamente captada pelos três fatores identificados.

Desta maneira tem-se que a primeira componente é formada pelas seguintes variáveis predictoras: grupo das térmicas, Temperaturas mínima, média e máxima, Índice de conforto térmico com temperaturas e umidade, média, mínimo e máximo e índice de conforto térmico com temperaturas, umidade e velocidade dos ventos.

Já para a segunda componente obteve-se o seguinte grupo das variáveis predictoras: ozônio (positivamente), precipitação (negativamente) e umidade (negativamente) e terceira componente a velocidade.

Assim pode se observar que a variável estudada no Fator 1 é diretamente proporcional ao grupo das térmicas e a Fator 2 ao ozônio e inversamente proporcional ao grupo das umidades (precipitação e umidade).

5.5.1.2 Internações hospitalares por doenças respiratórias para a faixa etária de 0-4 anos de idade.

Tabela 8- Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares para a faixa etária de 0-4 anos de idade em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.

Variável	Fator1	Fator2	Fator3	comunalidade
0-4 anos	-0.143	0.227	-0.469	0.292
Ozônio	0.083	0.679	0.09	0.476
Precipitação	-0.027	-0.561	0.162	0.342
TEMPmin	0.933	-0.135	-0.047	0.892
TEMPmax	0.857	0.433	-0.057	0.925
TEMPmed	0.968	0.181	-0.033	0.97
Umidade	-0.068	-0.905	-0.063	0.828
veloc(m/s)	-0.089	0.192	0.866	0.794
TEMAX	0.920	0.13	0.084	0.87
TEMIN	0.876	-0.3	-0.161	0.882
TEMED	0.981	-0.087	-0.057	0.973
TEVMAX	0.850	0.35	0.194	0.882
TEVMIN	0.860	0.014	0.358	0.868
TEVMED	0.922	0.175	0.182	0.914
Autovalores	6.72	2.12	1.18	
% total de variância	51.67	16.27	9.04	
Variância cumulativa	51.67	67.94	76.99	

Para a morbidade mencionada foi feita a ACP, onde a variância total explicada, através do método da análise da componente principal, foram obtidas três CPs, no qual, através da variância total explicada, os valores foram truncados acima de 3, onde o teste de inercia mostra quais foram os grupos de variáveis escolhidos e as três primeiras componentes explicam 76,99 % da variância.

Assim também foi formatada a matriz da CPs, através do método da rotação do tipo varimax e da normalização do tipo Kaiser que apresentou três CPs onde temos que a Tabela 8 abaixo mostra a interação.

Desta maneira tem-se que a primeira componente é formada pelas seguintes variáveis preditoras: grupo das térmicas, Temperaturas mínima, média, Índice de conforto térmico com temperatura máxima, media e umidade.

Já para a segunda componente obteve-se o seguinte grupo das variáveis preditoras:

Ozônio (positivamente), precipitação (negativamente) e umidade (negativamente).

Assim pode se observar que a variável estudada no Fator 1 é diretamente proporcional ao grupo das térmicas e ao ozônio e inversamente proporcional ao grupo das úmidas (precipitação e umidade) e diretamente proporcional ao fator 3, velocidade dos ventos.

5.5.1.3 Interações hospitalares por doenças respiratórias para a faixa etária de 5-60 anos de idade.

Para a morbidade mencionada foi feita a ACP, onde a variância total explicada, através do método da análise da componente principal, foram obtidas três CPs, no qual, através da variância total explicada, os valores foram truncados acima de 1, onde o teste de inercia mostra quais foram os grupos de variáveis escolhidos e as três primeiras componentes explicam 78,66 % da variância.

Assim também foi formatada a matriz da CPs, através do método da rotação do tipo varimax e da normalização do tipo Kaiser que apresentou três CPs onde temos que a Tabela 9 abaixo mostra a interação.

Desta maneira tem-se que a primeira componente é formada pelas seguintes variáveis preditoras: grupo das térmicas, Temperaturas mínima, média, Índice de conforto térmico com temperaturas máxima, media e mínima, umidade.

Já para a segunda componente obteve-se o seguinte grupo das variáveis predictoras: ozônio (positivamente), precipitação (negativamente) e umidade (negativamente) e o terceiro fator o grupo da velocidade dos ventos positivamente correlacionado.

Tabela 9 - Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares por doenças respiratórias na faixa etária de 5-60 anos de idade em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.

Variável	Fator1	Fator2	Fator3	comunalidade
5-60 anos	-0.11	0.032	0.744	0.567
Ozônio	0.088	0.685	0.08	0.484
Precipitação	-0.002	-0.599	0.076	0.365
TEMPmin	0.920	-0.116	-0.178	0.893
TEMPmax	0.843	0.451	-0.103	0.925
TEMPmed	0.956	0.197	-0.125	0.969
Umidade	-0.076	-0.894	-0.157	0.83
veloc(m/s)	0.027	0.056	0.836	0.703
TEMAX	0.923	0.131	-0.023	0.87
TEMIN	0.848	-0.266	-0.295	0.878
TEMED	0.966	-0.064	-0.186	0.972
TEVMAX	0.871	0.322	0.167	0.891
TEVMIN	0.900	-0.025	0.24	0.868
TEVMED	0.941	0.154	0.115	0.922
Autovalores	6.72	2.19	1.31	
% total de variância	51.72	16.86	10.08	
Variância cumulativa	51.72	68.58	78.66	

Assim pode se observar que a variável estudada no Fator 1 é diretamente proporcional ao grupo das térmicas e ao ozônio e inversamente proporcional ao grupo das úmidas (precipitação e umidade) e diretamente proporcional ao fator 3, velocidade dos ventos.

5.5.1.4 Internações hospitalares por doenças respiratórias para a faixa etária > 60 anos de idade.

Para a morbidade mencionada foi feita a ACP, onde a variância total explicada, através do método da análise da componente principal, foram obtidas três CPs, no qual, através da variância total explicada, os valores foram truncados acima de 3, onde o teste

de inércia mostra quais foram os grupos de variáveis escolhidos e as três primeiras componentes explicam 77,84 % da variância.

Assim também foi formatada a matriz da CPs, através do método da rotação do tipo varimax e da normalização do tipo Kaiser que apresentou três CPs onde temos que a Tabela 10 abaixo mostra a interação.

Tabela 10 - Matriz da componente rotacionada das internações hospitalares por doenças respiratórias na faixa etária > 60 anos de idade em Campo Grande de janeiro de 2004 a dezembro de 2010, extração ACP, e rotação varimax, com normalização de Kaiser.

Variável	Fator1	Fator2	Fator3	comunalidade
> 60 anos	-0.059	0.025	0.676	0.461
Ozônio	0.09	0.668	0.144	0.474
Precipitação	-0.001	-0.612	0.126	0.39
TEMPmin	0.925	-0.121	-0.143	0.891
TEMPmax	0.845	0.45	-0.088	0.925
TEMPmed	0.959	0.195	-0.1	0.968
Umidade	-0.072	-0.896	-0.143	0.829
veloc (m/s)	0.007	0.067	0.84	0.71
TEMAX	0.923	0.133	-0.009	0.869
TEMIN	0.856	-0.273	-0.257	0.874
TEMED	0.97	-0.068	-0.156	0.971
TEVMAX	0.866	0.33	0.163	0.886
TEVMIN	0.893	-0.018	0.245	0.857
TEVMED	0.937	0.159	0.117	0.917
Autovalores	6.71	2.16	1.25	
% total de variância	51.59	6.71	9.64	
Variância cumulativa	51.59	68.2	77.84	

Desta maneira tem-se que a primeira componente é formada pelas seguintes variáveis predictoras: grupo das térmicas, Temperaturas mínima, média, Índice de conforto térmico com a temperatura máxima, média e mínima, umidade.

Já para a segunda componente obteve-se o seguinte grupo das variáveis predictoras: ozônio (positivamente), precipitação (negativamente) e umidade (negativamente) e o terceiro fator o grupo da velocidade dos ventos positivamente correlacionado.

Assim pode se observar que a variável estudada no Fator 1 é diretamente proporcional ao grupo das térmicas e ao ozônio e inversamente proporcional ao grupo

das úmidas (precipitação e umidade) e diretamente proporcional ao fator 3, velocidade dos ventos.

5.5.2 Modelagem de doenças respiratórias.

A matriz de correlação entre as variáveis explicativas com seus respectivos lags apresentou correlação⁵ entre os índices de conforto térmico e as temperaturas mínima, máxima e média e entre os índices e a umidade. Optou-se por modelar usando apenas os índices de CTH ao invés das temperaturas e umidade devido à existência da correlação entre os índices e estas variáveis. Além disso, os índices representam melhor a realidade, pois o ser humano está exposto a todas as variáveis ao mesmo tempo.

Iniciou-se a modelagem construindo os modelos Univariáveis de Regressão de Poisson com a variável dependente (número total de internações, 0-4 anos, 5-60 anos e > 60 anos) e as variáveis explicativas O₃, Precipitação, Velocidade dos ventos, TEMAX, TEMIN, TEMED, TEV MAX, TEV MIN e TEV MED uma a uma. As variáveis que apresentam significância (valor-p) menor que 0,25 são variáveis candidatas a fazer parte do Modelo Multivariável de Regressão de Poisson.

Tabela 11- Análise de correlação de Pearson das variáveis dependentes (número total de internações, 0-4 anos, 5-60 anos e > 60 anos) e das variáveis explicativas O₃, Precipitação, Velocidade dos ventos, TEMAX, TEMIN, TEMED, TEV MAX, TEV MIN e TEV MED.

	DAR	0-4	0-50	>60
Ozônio	0.063	0.042	0.037	0.082
Precipitação	-0.035	-0.010	-0.048	-0.037
TEMPmin	-0.179	-0.117	-0.209	-0.125
TEMPmax	-0.091	-0.050	-0.122	-0.062
TEMPmed	-0.138	-0.098	-0.160	-0.085
Umidade	-0.122	-0.094	-0.119	-0.087
veloc(m/s)	0.169	0.053	0.323	0.240
TEMAX	-0.143	-0.131	-0.133	-0.075
TEMIN	-0.204	-0.108	-0.256	-0.161
TEMED	-0.191	-0.136	-0.213	-0.124

⁵ Coeficiente de correlação (r) – Coeficiente que indica a força da associação entre quaisquer duas variáveis métricas. O sinal (+ ou -) indica a direção da relação. O valor pode variar de -1 a +1, em que +1 indica uma perfeita relação positiva, 0 indica relação nenhuma e -1, uma perfeita relação negativa ou reversa (quando uma variável se torna maior, a outra fica menor) (Hair Jr. *et al*, 2005).

TEVMAX	-0.024	-0.093	0.028	0.045
TEVMIN	-0.098	-0.189	-0.004	0.009
TEVMED	-0.077	-0.130	-0.026	0.005

Iniciou-se a modelagem múltipla colocando o ozônio, precipitação, velocidade dos ventos e os índices de conforto térmico com seus respectivos lags e as variáveis explicativas, dia da semana, feriado e ano. O modelo com maior significância estatística, com o menor AIC (“Akaike’s Information Criterion” (AIC) quanto menor o valor do AIC melhor o modelo) e que se mostrou mais eficiente na previsão do nº de internações por doenças respiratórias encontra-se descrito na Tabela 12, 13, 14 e 15.

Tabela 12: Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson Múltiplo para **todas as idades**.

Parâmetros	β	Erro Padrão	Significância	Exp.(β)	95 % Intervalo de Confiança Exp.(β)	
					Inferior	Superior
Intercepto	-1, 288	, 4479	, 004	, 276	, 115	, 664
Domingo	-2, 426	, 2049	, 000	, 088	, 059	, 132
Quarta-feira	, 227	, 0566	, 000	1, 255	1, 124	1, 403
Quinta-feira	, 121	, 0580	, 038	1, 128	1, 007	1, 264
Sábado	-2, 221	, 1839	, 000	, 108	, 076	, 156
Segunda-feira	, 343	, 0507	, 000	1, 409	1, 276	1, 557
Sexta-feira	, 176	, 0585	, 003	1, 193	1, 064	1, 338
Terça-feira	0 ^a	.	.	1	.	.
Não feriado	2, 473	, 4350	, 000	11, 857	5, 055	27, 811
Feriado	0 ^a	.	.	1	.	.
O₃	0.0971	, 0019	, 000	1, 0196	1, 0068	1, 0325
TEVMED	-, 010	, 0038	, 011	, 990	, 983	, 998

Variável dependente: Raiz (DRU)

Modelo: intercepto, dia, feriado, ano, O₃, TEVMED.

a: zero porque é parâmetro de referência

5.5.2.1 Para a faixa etária de 0-4 anos de idade

Tabela 13: Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson Múltiplo para a **faixa etária de 0-4 anos de idade**.

Parâmetros	β	Erro Padrão	Significância	Exp (β)	95 % Intervalo de Confiança Exp.(β)	
					Inferior	Superior
Intercepto	-0,251	, 0489	, 004	, 778	-,0346	-0,155
Domingo	-2, 326	, 2049	, 000	, 098	, 060	, 133
Quarta-feira	, 226	, 0566	, 000	1, 254	1, 121	1, 411
Quinta-feira	, 132	, 0580	, 038	1, 141	1, 004	1, 255
Sábado	-2, 121	, 1839	, 000	, 119	, 067	, 165
Segunda-feira	, 331	, 0507	, 000	1, 392	1, 267	1, 575

Sexta-feira	, 167	, 0585	, 003	1, 182	1, 046	1, 382
Terça-feira	0 ^a	.	.	1	.	.
Não feriado	2, 464	, 4350	, 000	11, 752	5, 057	27, 912
Feriado	0 ^a	.	.	1	.	.
O₃	0,01872	, 0011	, 000	1, 019	1, 051	1, 032
TEVMIN	-, 0008	, 0024	, 011	, 999	-0,012	-0,003

Variável dependente: Raiz (0-4 anos)

Modelo: intercepto, dia, feriado, ano, O₃, TEVMIN

a: zero porque é parâmetro de referência

5.5.2.2 Para a faixa etária de 5-60 anos de idade

Tabela 14: Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson Múltiplo para a faixa etária de 5-60 anos de idade.

Parâmetros	β	Erro Padrão	Significância	Exp.(β)	95 % Intervalo de Confiança Exp.(β)	
					Inferior	Superior
Intercepto	-0,926	, 4479	, 004	, 396	, 115	, 664
Domingo	-2, 332	, 2049	, 000	, 097	, 059	, 132
Quarta-feira	, 226	, 0566	, 000	1, 254	1, 124	1, 403
Quinta-feira	, 191	, 0580	, 038	1, 211	1, 007	1, 264
Sábado	-2, 211	, 1839	, 000	, 109	, 076	, 156
Segunda-feira	, 341	, 0507	, 000	1, 898	1, 276	1, 557
Sexta-feira	, 186	, 0585	, 003	1, 204	1, 064	1, 338
Terça-feira	0 ^a	.	.	1	.	.
Não feriado	2, 483	, 4350	, 000	11, 977	5, 055	27, 811
Feriado	0 ^a	.	.	1	.	.
O₃	0,01143	, 0019	, 000	1, 0111	0,9970	1, 0263
TEVMED	-, 011	, 0038	, 011	, 989	, 983	, 998

Variável dependente: Raiz (DRU)

Modelo: intercepto, dia, feriado, ano, O₃, TEVMED

a: zero porque é parâmetro de referência

5.5.2.3 Para a faixa etária > 60 anos de idade

Tabela 15: Estimativa para os parâmetros do modelo de Regressão de Poisson Múltiplo para a faixa etária > 60 anos de idade.

Parâmetros	β	Erro Padrão	Significância	Exp.(β)	95 % Intervalo de Confiança Exp.(β)	
					Inferior	Superior
Intercepto	-0,879	, 4497	, 003	, 415	, 115	, 664
Domingo	-2, 213	, 2094	, 000	, 109	, 059	, 132
Quarta-feira	, 223	, 0568	, 000	1, 245	1, 124	1, 403
Quinta-feira	, 128	, 0582	, 039	1, 137	1, 007	1, 264
Sábado	-2, 123	, 1842	, 000	, 120	, 076	, 156
Segunda-feira	, 312	, 0511	, 000	1, 366	1, 276	1, 557

Sexta-feira	, 161	, 0596	, 004	1, 175	1, 064	1, 338
Terça-feira	0 ^a	.	.	1	.	.
Não feriado	2, 343	, 4349	, 000	10,412	5, 055	27, 811
Feriado	0 ^a	.	.	1	.	.
O₃	0,02839	, 0021	, 000	1, 029	1, 0082	1, 0496
TEVMED	-, 010	, 0039	, 010	, 990	, 983	, 998

Variável dependente: Raiz (> 60 anos)

Modelo: intercepto, dia, feriado, ano, O₃, TEVMED

a: zero porque é parâmetro de referência

As variáveis explicativas, concentração de ozônio (4 lags de diferença) e TEV MED (3 lags de diferença) são significativas. O intercepto e as variáveis reguladoras, dia da semana, feriado e ano também o são. O coeficiente β é negativo para sábado e domingo confirmando que o nº de internações diminui nos finais de semana. Durante a semana todos os dias apresentaram β positivo sendo o dia com maior β a segunda feira. Para os dias não feriados o β é positivo, ou seja, aumenta as internações em relação aos feriados. O coeficiente β para o parâmetro ozônio é positivo indicando aumento na frequência das internações com o aumento da concentração de ozônio no ar. Por sua vez o β do índice TEV MED é negativo, ou seja, quanto menor o conforto humano maior o nº de pessoas com doenças do aparelho respiratório.

5.6 Modelo

Com essas informações foi feita a regressão multivariada que nos forneceu um coeficiente de determinação ($R= 0,71$) pela análise da linha de tendência, com um erro percentual de 12% **para todas as idades**.

A equação do modelo descrito **para todas as idades** na Tabela 12 é:

$$\ln(y) = -1,288 + \beta_1 * \text{dia da semana} + \beta_2 * \text{não feriado} + \beta_3 * \text{ozônio} + \beta_4 * \text{TEVmed} \quad 8$$

Lembrando que y é a raiz de DAR .

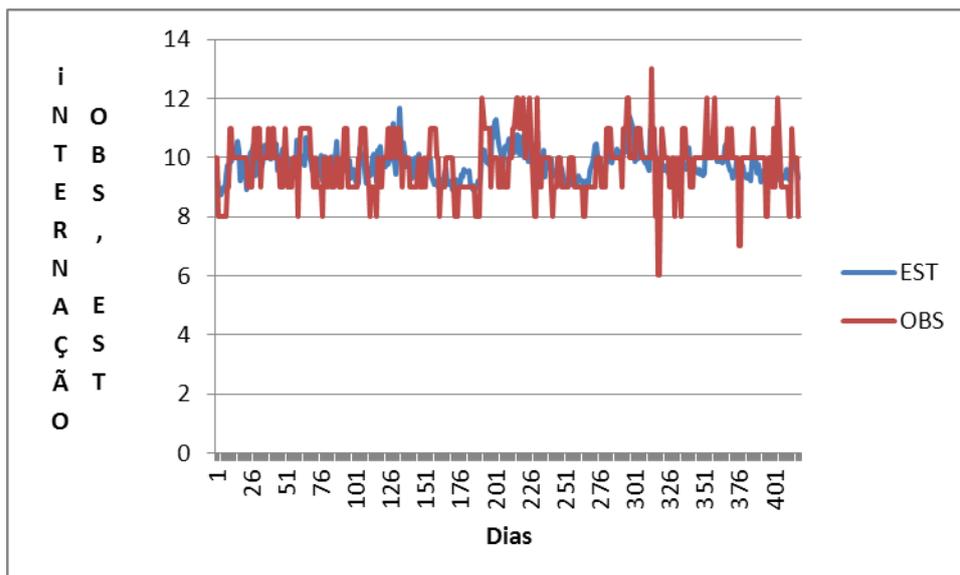


Figura 11 – Internações hospitalares por doenças respiratórias para todas as idades observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.

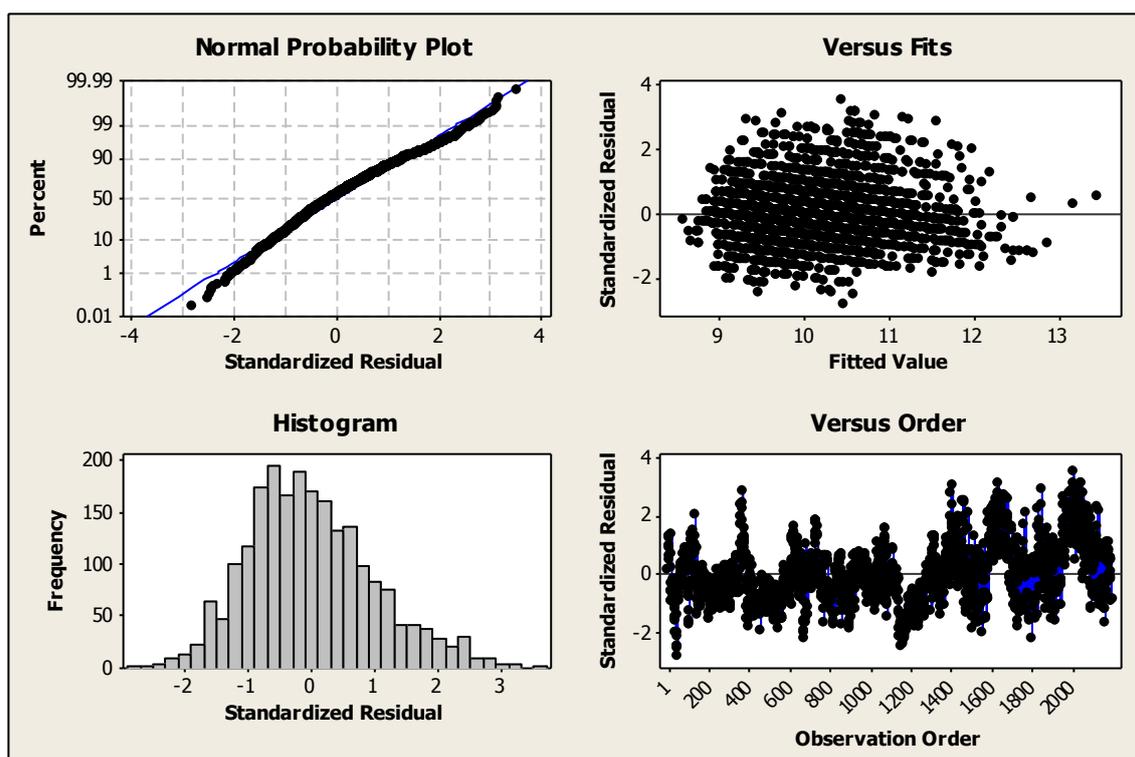


Figura 12 – Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias **em todas as idades** para os anos de 2004-2010.

Para a **faixa etária de 0-4 anos de idade** foi feita a regressão multivariada que nos forneceu um coeficiente de determinação ($R= 0,73$) pela análise da linha de tendência, com um erro percentual de 11,6%.

A equação do modelo descrito na Tabela 13 é:

$$\ln(y) = -0,251 + \beta_1 * \text{dia da semana} + \beta_2 * \text{não feriado} + \beta_3 * \text{ozônio} + \beta_4 * \text{TEVmin} \quad 9$$

Lembrando que y é a raiz de DRU .

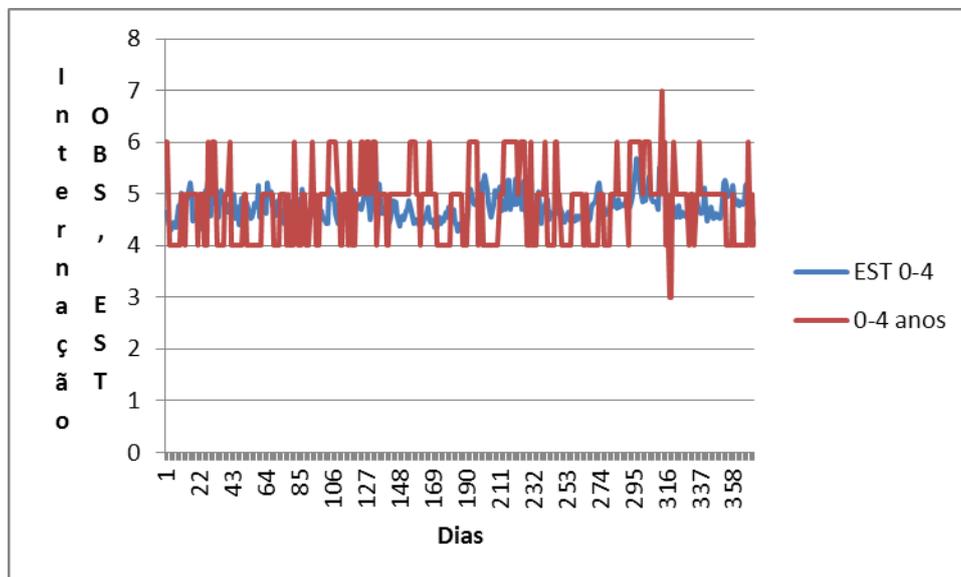


Figura 13 – Internações hospitalares por doenças respiratórias na faixa etária de 0-4 anos de idade observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.

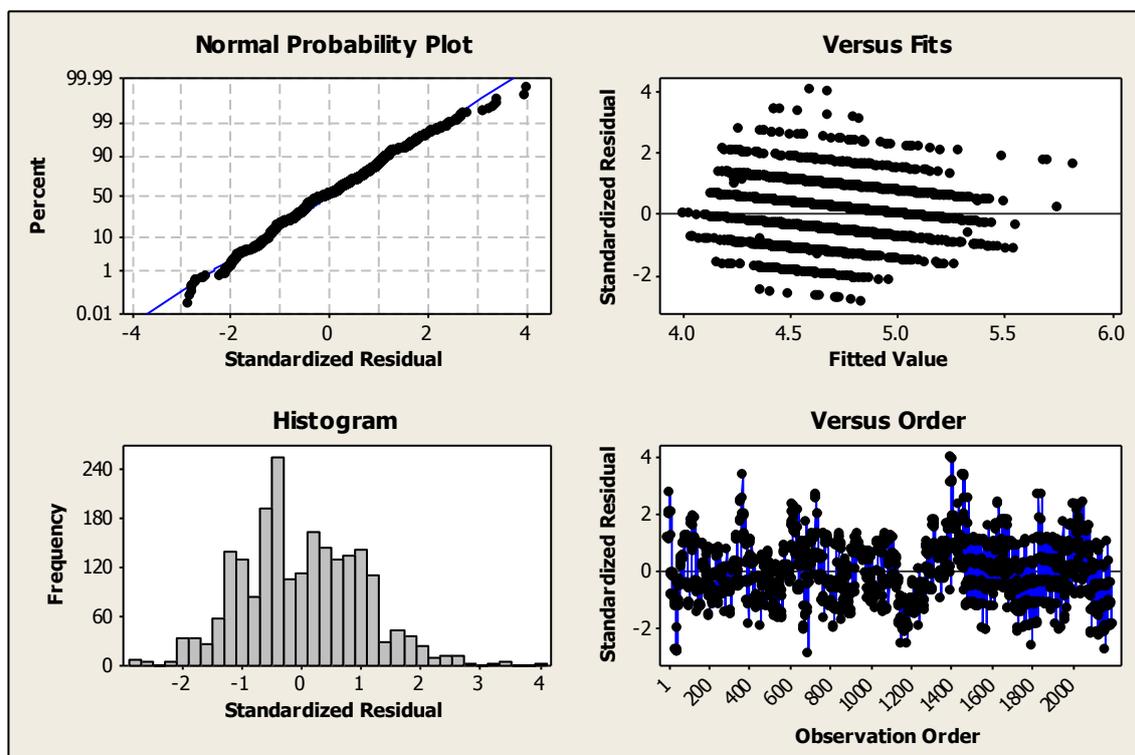


Figura 14 – Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de doenças respiratórias 0-4 anos de idade para os anos de 2004-2010.

Para faixa etária de 5-60 anos de idade, foi feita a regressão multivariada que nos forneceu um coeficiente de determinação ($R= 0,67$) pela análise da linha de tendência, com um erro percentual de 4,9%.

A equação do modelo descrito **para faixa etária de 5-60 anos de idade** na Tabela 14 é:

$$\ln(y) = -0,926 + \beta_1 * \text{dia da semana} + \beta_2 * \text{não feriado} + \beta_3 * \text{ozônio} + \beta_4 * \text{TEVmed} \quad 10$$

Lembrando que y é a raiz de DAR .

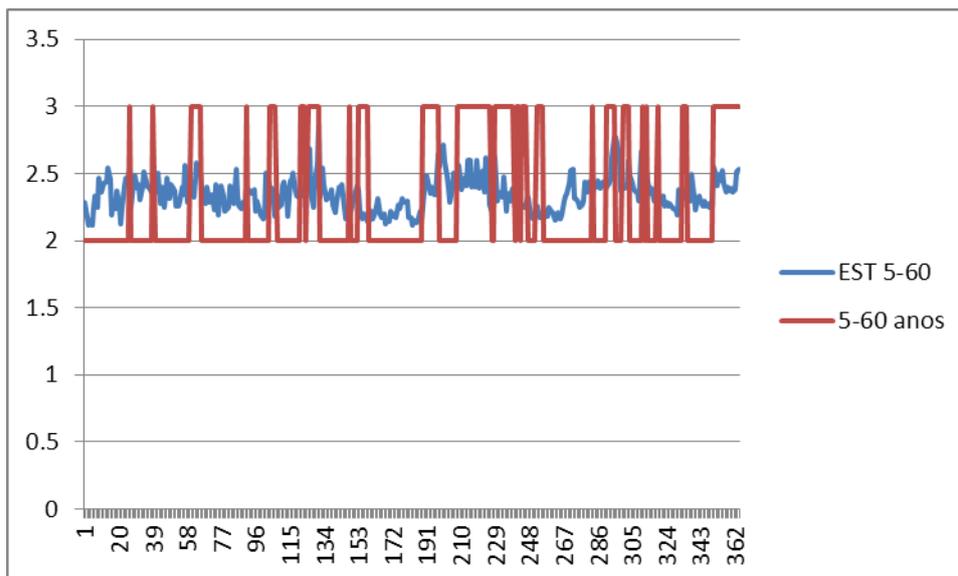


Figura 15 – Internações hospitalares por doenças respiratórias para faixa etária de 5-60 anos de idade, observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.

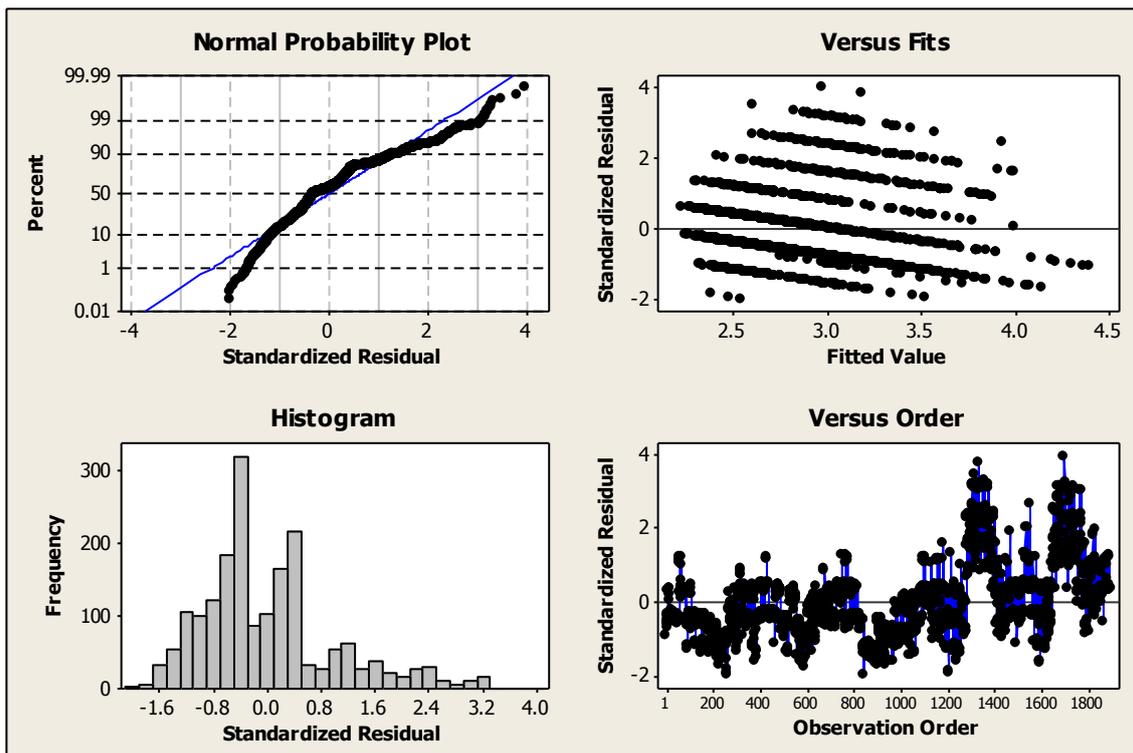


Figura 16 – Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias **na faixa etária de 5-60 anos de idade** para os anos de 2004-2010.

Para faixa etária >60 anos de idade, foi feita a regressão multivariada que nos forneceu um coeficiente de determinação ($R= 0,67$) pela análise da linha de tendência, com um erro percentual de 6,4%.

A equação do modelo descrito **para faixa etária > 60 anos de idade** na Tabela 15 é:

$$\ln(y) = -0,879 + \beta_1 * \text{dia da semana} + \beta_2 * \text{não feriado} + \beta_3 * \text{ozônio} + \beta_4 * \text{TEVmed} \quad 11$$

Lembrando que y é a raiz de DAR .

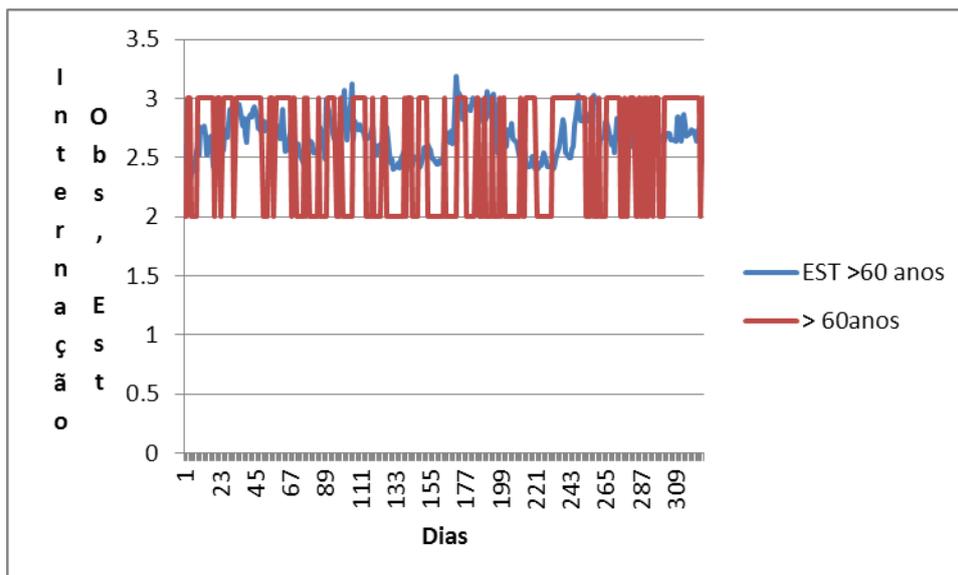


Figura 17 – Internações hospitalares por doenças respiratórias para faixa etária de > 60 anos de idade, observadas e estimadas pelo modelo, dias testados no ano de 2006 em Campo Grande.

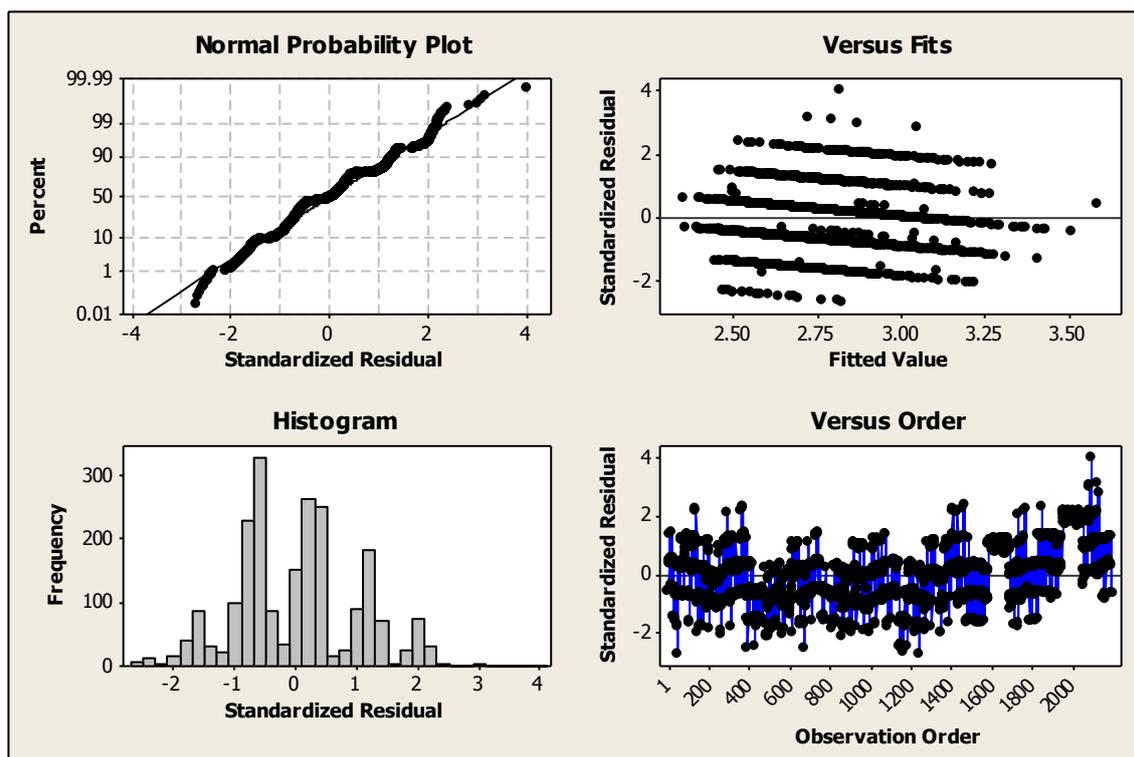


Figura 18 – Gráficos de desvios residuais e valores observados em função dos valores ajustados, histograma da variável resposta para o modelo de internações por doenças respiratórias **na faixa etária > 60 anos de idade** para os anos de 2004-2010.

Para avaliar o ajuste do modelo, deve-se realizar uma análise dos resíduos. Essa análise pode ser através do gráfico dos desvios residuais de cada observação em relação aos valores ajustados pelo modelo. Um modelo bem ajustado possui o gráfico com

pontos o mais próximo possível de zero no intervalo -2 e 2. (Figuras 12, 14,16 e 18) (TADANO *et. al*, 2009).

As Figuras 12, 14, 16 e 18 mostra os dados observados e estimados usando o modelo proposto pelas equações 19, 20, 21 e 22. É verificado que a distribuição normal para que seja valida tem-se que observar uma reta, como fica evidenciado nas Figuras, desta maneira as equações são satisfatórias para explicarem a incidencia da morbidade por internações por doenças respiratórias em todas as idades.

De acordo com a regressão multivariada, o modelo de predição para internação de todas as idades, verifica-se que o modelo, em todo decorrer da analise, se manteve instável, hora superestimando os valores, hora subestimando os valores.

5.7 Calculo dos riscos relativos

A Tabela 16 apresenta os riscos relativos para internações hospitalares por ozônio analisados em cada um dos dias da estrutura de defasagem analisada (dia da exposição até seis dias após). Os efeitos nas internações não foram imediatos, ou seja, no dia do aumento da concentração, mas ocorreram quatro dias após a exposição e se prolongaram por 24 a 48 h.

Tabela 16- Risco relativo com intervalo de confiança para as faixas etárias para internações com o ozônio em todos os dias da estrutura de defasagem analisada. Campo Grande, MS, 2004-2010.

	Todas idades RR-CI	0-4 anos RR-CI	5-60 anos RR-CI	> 60 anos RR-CI
lag 0	1.0035;(0.9758-1.0321)	1.0153;(0.9850-1.0466)	0.9775;(0.9465-1.0095)	1.0028;(0.9587-1.0488)
lag 1	1.0128;(0.9989-1.0270)	1.0191; (1.0039-1.0345)	0.9921; (0.9764-1.0080)	1.0188; (0.9965-1.0416)
lag 2	1.0119; (1.0046-1.0336)	1.0211; (1.0056-1.0369)	1.0031; (0.9868-1.0196)	1.0292; (1.0061-1.0530)
lag 3	1.0209; (1.0056-1.0365)	1.0209; (1.0043-1.0376)	1.0092; (0.9918-1.0269)	1.0320; (1.0073-1.0573)
lag 4	1.0196; (1.0068-1.0325)	1.0189; (1.0051-1.0328)	1.0115; (0.9970-1.0263)	1.0287; (1.0082-1.0496)
lag 5	1.0160; (1.0021-1.0302)	1.0157; (1.0006-1.0310)	1.0113; (0.9954-1.0274)	1.0215; (0.9992-1.0444)
lag 6	1.0114; (0.9883-1.0352)	1.0120; (0.9870-1.0376)	1.0097; (0.9832-1.0369)	1.0125; (0.9754-1.0509)

A Figura 19 mostra a estimativa do risco relativo para as faixas etárias em função da concentração do ozônio das internações hospitalares. Com o aumento da concentração do ozônio que sofre maior risco de internações são os indivíduos com faixa etária maior que 60 anos, depois na faixa etária de 0-4 anos de idade.

As Figuras 19 e 20 mostram os riscos relativos para internação por doenças respiratórias por faixa etária, para as defasagens de (0-6 dias) e do aumento da

concentração de ozônio, mostrando que o valor dos riscos corresponde à faixa etária: todas as idades com intervalo $RR = 1,1079$, $IC: (1,0379-1,1826)$; risco de 0-4 anos com uma série de $RR = 1,1296$, $IC: (1,0524-1,2125)$, 5-60 anos, o risco com intervalo de $RR = 1,014$, $IC: (0,9410 - 1,0928)$ e > 60 anos com intervalo de risco e $1,1546$ ($1,0406$ e $1,2811$).

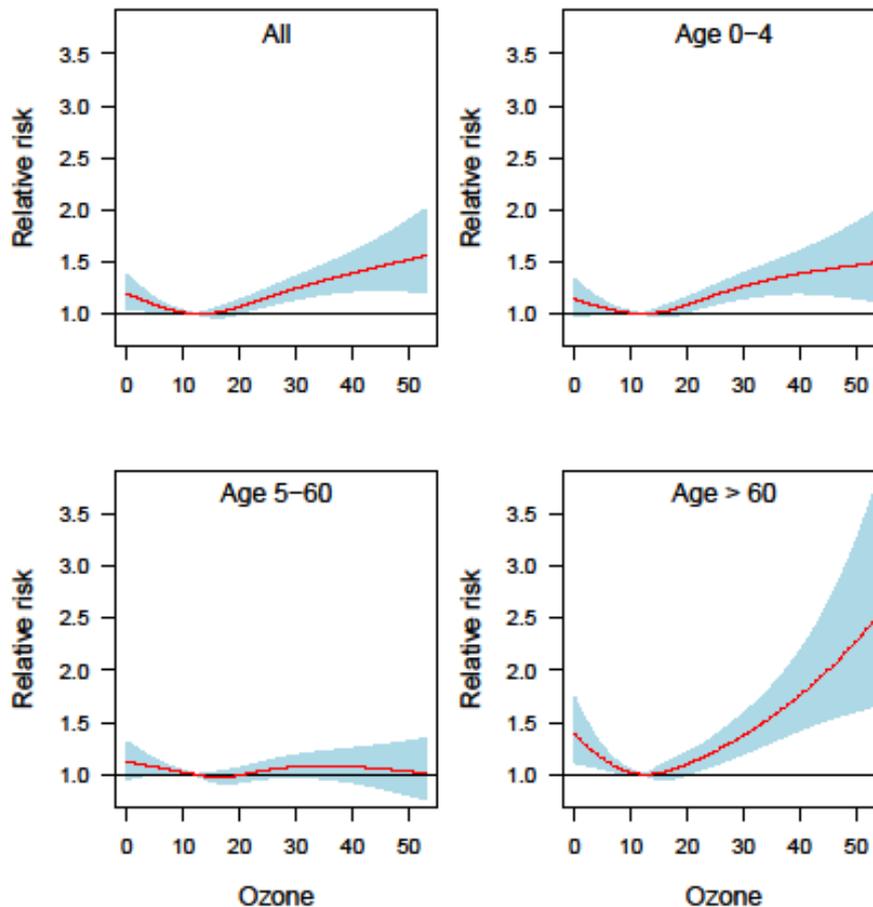


Figura 19- Riscos relativos em função da concentração de ozônio por faixa etária em Campo Grande, MS, 2004-2010.

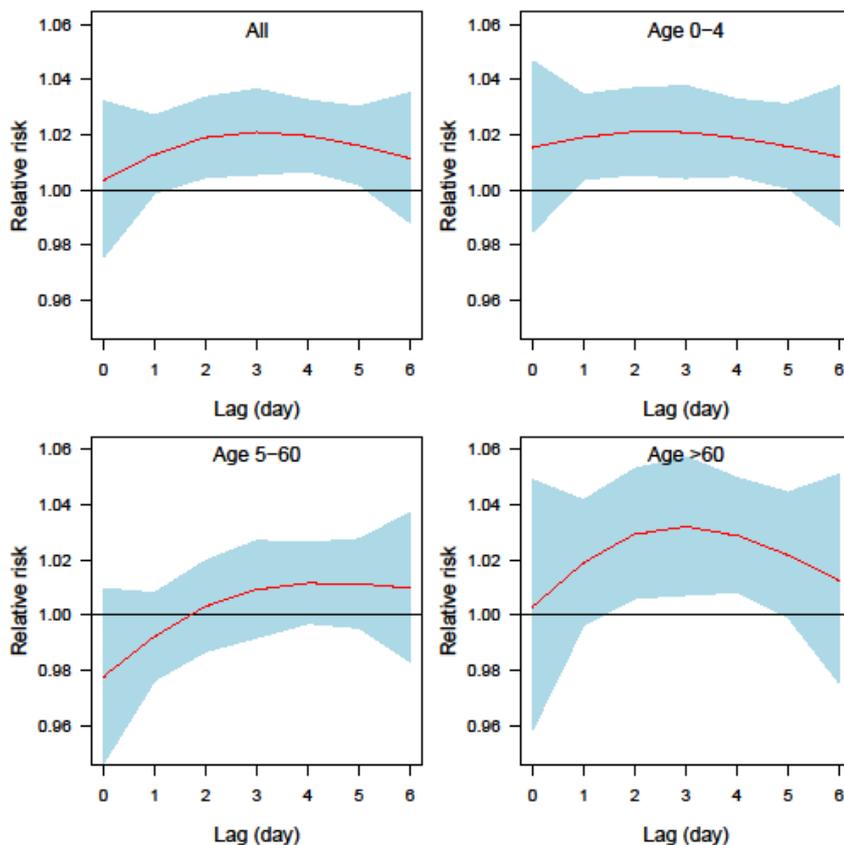


Figura 20- Risco relativo e respectivos intervalos de confiança nas interações por doenças respiratórias para todas as faixas etárias, faixa etária de 0-4 anos, 5-60 anos e >60 anos para o aumento de um interquartil na concentração de ozônio em cada dia da estrutura de defasagem analisada para o período de seis dias. Campo Grande, MS, 2004-2010.

5.8 Discussões

Através da correlação de Pearson entre as doenças respiratórias e as variáveis ambientais (poluente e variáveis meteorológicas), foram escolhidos os maiores valores do coeficiente de Pearson que tinha significância estatística. A partir deste ponto, iniciou-se a modelagem univariada de Poisson e foram escolhidas as variáveis mais significativas para compor a modelagem múltipla. No item 5.5, foram feitas às modelagens múltiplas para as doenças, nesta etapa foi inserido o controle para dia da semana, feriado, mês e ano.

Para as interações de doenças respiratórias as variáveis independentes mais significativas foram o ozônio de 4 dias, TEVMED de 3 dias e o TEVMIN de 3 dias. As doenças respiratórias apresentam interações durante todo o ano, porém verifica-se que

o maior número de internações ocorre nas estações do outono e inverno. Nesta análise verificou-se que o O_3 , mesmo com os seus valores baixos, tem causado aumento nas internações e sugere-se a diminuição do padrão de referência adotado atualmente. Além da geração do ozônio, por contribuições industriais, como os óxidos de nitrogênio e as emissões veiculares, que contribuem com a emissão dos hidrocarbonetos orgânicos voláteis, ocorre, também, a contribuição pela vegetação através dos compostos orgânicos voláteis (COVs) (MARTINS, 2006). Segundo Droprinchinski, cerca 15% do ozônio presente na região metropolitana de São Paulo pode ser formado a partir de compostos emitidos pela vegetação.

Estima-se que as emissões de COVs pela vegetação são comparáveis, ou excedem as emissões de COVs de fontes antropogênicas, em escala regional e global. Os compostos orgânicos voláteis incluem os hidrocarbonetos não-metânicos saturados e insaturados e os hidrocarbonetos oxigenados, tais como ácidos carboxílicos, aldeídos, cetonas, éteres, ésteres e álcoois (SEINFELD & PANDIS 1998).

O ozônio provoca efeitos maléficos à saúde e as ocorrências mais relatadas da exposição de seres humanos são irritações nos olhos, vias respiratórias e o agravamento de doenças respiratórias preexistentes, como por exemplo, a asma. Sabe-se também que a exposição repetida ao ozônio pode tornar as pessoas mais suscetíveis a infecções respiratórias e inflamação nos pulmões. Adultos e crianças saudáveis também estão sujeitos aos efeitos danosos causados pelo ozônio se expostos a níveis elevados durante a prática de exercícios físicos, muito comuns em dias ensolarados.

O ozônio tem se destacado pela não ultrapassagem do padrão. O perfil sazonal do ozônio mostrou uma maior ocorrência de altas concentrações desde o final do inverno até início do verão, ou seja, a primavera é a estação onde o ozônio tem seus maiores valores. Este panorama é preocupante, uma vez que o ozônio tem uma boa correlação com as doenças respiratórias.

O modelo de estimar as doenças respiratórias em crianças, adultas e idosas mostrou-se bem robusto quando foi feita a destreza e as médias dos erros também foram inferiores a 12 %. Novamente, podemos afirmar que com este modelo é possível prever em média o número de internações por doenças respiratórias por faixa etária em Campo Grande, para isso, basta saber a temperatura estimada, umidade do ar e velocidade dos ventos por qualquer modelo matemático de três a quatro dias atrás e o valor da concentração do ozônio.

Contudo, sabe-se que a doença não depende apenas de fatores ambientais, mas também de vários fatores: sociais, culturais, sanitários, nutricionais dentre outros. Além disso, pela própria definição, esses modelos de regressão não são indicados para prever fenômenos com grande variabilidade, e, por isso, as estimativas são feitas em relação a valores médios.

Sabe-se que pessoas com problemas respiratórios sofrem cada vez mais com a poluição do ar. A relação entre a poluição atmosférica e doenças respiratórias vem sendo avaliada em diversos estudos nacionais e internacionais. Este estudo, por intermédio de uma Regressão de Poisson procurou detalhar a relação entre variáveis meteorológicas, concentração de ozônio e a ocorrência de hospitalizações em Campo Grande-MS. Observou-se uma associação estatisticamente significativa entre o aumento do ozônio e o aumento no número de internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório e uma diminuição nestas internações com o aumento dos índices de conforto térmico humano. O uso de modelos de regressão sofisticados permite cada vez mais controlar fatores de confusão que podem interferir na análise dos dados.

É importante salientar que a hospitalização é apenas um dos muitos efeitos causados pela poluição do ar. O uso de medicações e a redução em atividades físicas, por exemplo, não são avaliados neste trabalho, porém são de grande importância para a saúde pública. Ocorrem com grande frequência, produzem impactos negativos na qualidade de vida das pessoas e geram consequências econômicas negativas como faltas nas escolas e nos trabalhos.

Os registros do estudo são de hospitalizações da rede pública que atende à parcela da população que não dispõe de planos de saúde privados (<http://www.datasus.gov.br>). As informações do Sistema de Informações Hospitalares do SUS utilizadas neste estudo são realizadas com objetivo contábil e não para estudos epidemiológicos podendo, portanto terem ocorrido erros na frequência das internações.

O modelo de Regressão de Poisson, proposto neste estudo, é satisfatório, visto que conseguiu mostrar que as variáveis ambientais podem ser usadas para estimar internações hospitalares.

Estimar o risco para a saúde da população, em relação a fatores meteorológicos e a concentração de ozônio, é um importante passo para o planejamento e a realização de tomadas de decisões que levem em conta questões ambientais e qualidade de vida. Os resultados apresentados no trabalho indicam, em termos quantitativos, o risco para o acréscimo no número de hospitalizações por doenças respiratórias com o aumento da

concentração de ozônio na cidade de Campo Grande. Espera-se que os dados apresentados sejam utilizados para uma melhor avaliação do impacto da concentração do ar na saúde humana, em Campo Grande e em outras metrópoles brasileiras.

Embora este seja um estudo, no qual a unidade de estudo é o grupo de indivíduos que pode representar um bairro, uma cidade ou até mesmo um país e não a observação individual destaca-se que esses estudos têm-se mostrado eficientes no que se refere à abordagem dos efeitos da poluição sobre a saúde. (ANDERSON HR, *et al*; 1996; LIN AC *et al*, 1999; SCHWARTZ J, MARCUS A. 1990; SCHWARTZ J, DOCKERY DW., 1992). A opção por se trabalhar com o número total de doenças respiratórias e não por patologia específica recaiu sobre a probabilidade de se diminuir a diversidade de diagnósticos entre os vários serviços que forneceram os dados originais. O uso de modelos de regressão cada vez mais sofisticados permitiu que fossem controlados com maior eficácia os fatores de confusão que poderiam interferir na análise dos dados. Optou-se por uma modelagem via Modelos Lineares Generalizados (MLG) utilizando-se o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson. Utilizou-se a regressão de Poisson, por permitir que sejam analisados os dados de contagem como o número de atendimentos por doenças respiratórias. (HASTIE TJ, TIBSHIRANI RJ; 1995).

Neste grupo de modelos estatísticos a variável dependente (nº de internações hospitalares) é um processo de contagem, ou seja, é uma variável quantitativa discreta e as variáveis independentes são variáveis candidatas a explicar o comportamento da série ao longo do tempo. Como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas (temperaturas máximas, medias e mínimas, umidade relativa, índices de CTH, velocidade dos ventos e precipitação) As variáveis "dia da semana" e "feriado" foram utilizada para controlar a sazonalidade de curta duração.

Associações positivas foram encontradas entre O₃ e as doenças respiratórias em Campo Grande. Esses efeitos são semelhantes aos encontrados em outras cidades do Brasil, em especial àqueles observados na cidade de São Paulo (BRAGA ALF. *et al* 1999; BRAGA ALF, *et al*, 2001; LIN AC, *et al*, 1999) tanto na diversidade de poluentes associados quanto na magnitude dos efeitos estimados.

O aumento da incidência de doenças respiratórias, nos períodos mais frios do ano, deve-se a dois fatores principais: as baixas temperaturas e os aumentos nas concentrações dos poluentes primários. (ANDERSON, HR *et al*, 1996; ATKINSON RW, 2001; SCHWARTZ J, *et al*,1992; SCHWARTZ J. *et al*, 1990). O O₃ é um

poluente secundário que depende da presença de luz solar e de precursores com óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos. Invernos secos e com dias ensolarados propiciam todas as condições para elevação dos níveis desse agente fotoquímico, assim como acontece em outras estações do ano. Desse modo, o O₃ não apresenta alta correlação com as outras variáveis analisadas no presente estudo. Apesar disso, sua atividade oxidante e capacidade de induzir processos inflamatórios dão a esse poluente o papel de vilão causador ou agravante de doenças respiratórias como tem sido reportado por outros estudos (BRAGA ALF, *et al*, 2001; . LIN AC, *et al*, 1999).

A metodologia do presente estudo é similar aos de estudos semelhantes realizados por FRAGA, J *et al*, 2011; MARK S. GOLDBERG, M. S *et al*, 2011; GUO, Y. *et al* 2012. As variáveis de confusão incluídas nos modelos de regressão foram classicamente utilizadas em estudos do efeito da concentração do ozônio sobre a saúde. A região onde está localizada a cidade de Campo Grande apresenta clima sem grandes variações de temperatura, com raras temperaturas baixas, Os valores das temperaturas médias mensais e anuais registrados levam ao entendimento de que a variação espacial e sazonal desta variável climática segue as características da região, sendo a altitude e a continentalidade, assim como a ação das massas Tropical Atlântica, Tropical Continental e Polar Atlântica as responsáveis pelas principais variações observadas. As maiores médias térmicas são observadas entre os meses de outubro a março, que corresponde ao verão no domínio dos climas tropicais no Hemisfério Sul, sendo o mês de outubro o que apresenta as maiores médias, visto que este se caracteriza pela transição entre o período seco e chuvoso. Assim, as mudanças nos padrões de circulação atmosférica, os altos índices de evapotranspiração, as baixas velocidades médias dos ventos e as precipitações incipientes, como a baixa umidade do ar, favorecem a elevação das temperaturas, que indicam o início do verão. Outra análise que pode ser feita a partir das temperaturas é que a amplitude térmica observada entre os meses com maiores e menores temperaturas é muito baixa, variando 9,0° C em média, entre o mês de junho (menores médias térmicas) e o mês de outubro (mês mais quente) (alto índice de internações) (Figura 5).

A estação chuvosa (outubro a março/abril) concentra mais de 85% das chuvas anuais, sendo que dezembro e Janeiro contribuem com mais de 35% da precipitação anual. Já a estação seca que em alguns anos tem início no mês de abril e se estende até o início de outubro, tem como característica uma redução sensível nos índices

pluviométricos sendo que, no trimestre mais seco do ano (junho-agosto), as chuvas representam, em média, menos de 2% do total anual.

Durante a estação seca é possível observar longos períodos sem ocorrência de chuvas e/ou com chuvas insignificantes, bem abaixo da umidade do ar diária e que não altera a condição de *secura* do ambiente. Esses períodos, não raro chegam a superar os 100 dias. Durante o período de análise, a quantidade de anos e a média de dias seguidos que ocorreram tais períodos secos prolongados, não são superiores aos 75 dias consecutivos.

Também se observa que as médias de dias, nos anos em que ocorreram longos períodos secos acima do limite mínimo da pesquisa foram de 105 dias, e a média de dias sem chuvas significativas (menor que 2,5 mm) é de 110 dias e que praticamente metade dos anos apresenta um longo período sem chuvas superando os 75 dias ininterruptos. Tal período coincide com a época do ano da estação seca, sendo mais comum sua ocorrência nos meses de junho, julho e agosto podendo chegar até em meados de setembro.

A distribuição das direções dos ventos a 10 metros de altura apresentam direção predominante de norte e nordeste, e com intensidade média de 4,3 m/s.

A concentração de ozônio estudada permaneceu com significância estatística. Além do efeito da concentração do ozônio ser imediato, isto é, no mesmo dia da exposição, ele pode ser notado dias depois. No presente estudo, o efeito do ozônio nas internações hospitalares se tornaram importantes apenas três e quatro dias após a exposição (Figura 19, 20). O efeito observado ocorre em defasagens maiores do que os encontrados em estudos realizados em São Paulo (BRAGA ALF *et al*, 1999; BRAGA ALF *et al*, 2001; LIN *et al*, 1999). O O₃ também se mostrou com significância em recente estudo relacionado com atendimentos de crianças/idosos/ adolescentes em ambulatórios da rede pública com problema respiratório (BAKONYI SMC *et al*, 2004).

A modelagem do ozônio é mais complexa, pois apresenta picos de concentração tanto nos períodos quentes como frios. Tal fato explica-se pela maior insolação dos dias de verão e pela maior permanência de precursores oxidantes na atmosfera no inverno, devido às piores condições de dispersão. Mesmo assim, houve associação entre o O₃ e as internações com defasagem de quatro dias.

No verão, a região é dominada pela Baixa do Chaco à superfície e pela Alta da Bolívia em altos níveis. Esses sistemas acoplados dinamicamente deslocam-se para o norte durante o inverno. A estação do inverno caracteristicamente seca possui

temperaturas mais amenas em virtude da frequente invasão das massas de ar frias originárias das áreas extratropicais ao sul. As linhas de instabilidade ocorrem tanto no verão, associadas à convergência de baixos níveis, quanto no inverno, antecipando-se às penetrações frontais.

Durante o verão, a região de Campo Grande recebe os ventos oriundos de sistemas do norte que se formam basicamente sobre a região Amazônica resultado da convergência dos ventos alísios de Nordeste. No inverno, ocorre o movimento para o oeste, em direção ao continente, do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e o deslocamento para o norte da Zona de Convergência Intertropical deslocando umidade para áreas remotas ao norte e noroeste da Amazônia.

Relativamente às porcentagens de ocorrência de calmarias diárias e à intensidade dos ventos à superfície, verifica-se que, entre maio e setembro, ocorrem os menores valores e os maiores valores, respectivamente. Isto se justifica, pela frequência maior de entradas de massas de ar polar promovendo uma variação maior nos gradientes de pressão. Tal fato reduz o tempo de permanência de partículas na atmosfera, porém aumenta a possibilidade de queimadas pelo incremento no fluxo de oxigênio.

As crianças apresentam grande suscetibilidade à exposição aos poluentes aéreos. Apresentam maior ventilação minuto devido ao metabolismo basal acelerado e à maior atividade física quando comparados aos adultos, além de permanecerem por mais tempo em ambientes externos. Tomando como base o peso corporal, o volume de ar que passa através das vias respiratórias da criança em repouso é o dobro daquele nos adultos em condições semelhantes. A irritação pelos poluentes que produziria uma débil resposta em adultos pode resultar potencialmente em significativa obstrução na infância. Adicionalmente, o sistema imunológico ainda não totalmente desenvolvido aumenta a possibilidade de infecções respiratórias (KÜNZLI N, *et al*, 2010; World Health Organization , 2005; SALVI S , 2007).

Os idosos são suscetíveis aos efeitos adversos da exposição aos poluentes atmosféricos por apresentarem um sistema imunológico menos eficiente (imunosenescência), um progressivo declínio na função pulmonar que pode levar a obstrução das vias aéreas e limitação aos exercícios. Há redução da complacência da parede torácica e hiperinsuflação pulmonar, provocando um gasto adicional de energia para efetuar os movimentos respiratórios, além de diminuição funcional dos sistemas orgânicos (SHARMA G,& GOODWIN J, 2006).

O terceiro grupo mais suscetível, independente da idade, é formado pelos portadores de doenças crônicas pré-existentes que atingem, principalmente, os sistemas respiratório (asma, DPOC e fibroses) e circulatório (arritmias, hipertensão e doenças isquêmicas do coração), além de doenças crônicas, como diabetes e doenças do colágeno (BROOK RD *et al*, 2010).

Com base nos resultados encontrados, pode-se inferir que os níveis de concentração de ozônio em Campo Grande apesar de não serem tão altos ou mesmo não ultrapassam o padrão de qualidade do ar, interferem no perfil da morbidade respiratória da população da cidade.

Espera-se que os resultados encontrados sejam úteis, pois permitem mensurar os riscos a que a população está exposta e fornecem subsídios para a elaboração de medidas que visem a minimizar esses riscos, contribuindo ainda com o planejamento de saúde ambiental ou urbana e no aperfeiçoamento de políticas públicas.

6. CONCLUSÃO

De acordo com a análise feita neste estudo, pode-se afirmar que ozônio, os índices biometeorológicos e as variáveis meteorológicas apresentam uma correlação com as internações por doenças do aparelho respiratório na cidade de Campo Grande-MS.

No período estudado observa-se que os índices TE calculados mediante as combinações de umidade e temperatura máxima, mínima e média entram várias vezes na faixa dentro da zona de conforto térmico que é de 22 - 25°C e que quando é colocada a velocidade dos ventos nos índices, o TEV MIN sempre permanece em intervalo desconfortável.

O ozônio as temperaturas (máxima, mínima e média), a umidade, a velocidade dos ventos, os índices TE e TEV (máximo, mínimo e médio) apresentaram correlação com a variável (número de internações). A modelagem usou apenas os índices de CTH. Os índices de conforto humano representam melhor a realidade, visto que incluem a umidade do ar, as temperaturas e a velocidade dos ventos, e o ser humano está exposto a todas essas variáveis ao mesmo tempo.

O modelo com maior significância estatística, com o menor AIC (“Akaike’s Information Criterion” (AIC), quanto menor o valor do AIC melhor o modelo) e que se mostrou mais eficiente na previsão do nº de internações por doenças respiratórias apresenta intercepto, as variáveis reguladoras dias de semana, feriado e ano e as variáveis explicativas O₃ com 4 lags de defasagem e o TEV MED também com 3 lags de defasagem e TEV min com lags de 3 dias de defasagem. O nº de internações diminui nos finais de semana e nos feriados, aumenta durante a semana sendo as segundas-feiras o dia com o maior número de internações. O aumento da concentração de ozônio é responsável pelo aumento nas internações já o aumento do índice TEV MED e TEV min aumenta o conforto térmico humano ocasionando um decréscimo nas hospitalizações.

O modelo proposto pelo estudo consegue prever internações hospitalares com erro abaixo de 12%, e com coeficiente de correlação de 70% exceto nos finais de semana onde o nº de internações diminui.

A Análise de Componentes Principais foi utilizada para corroborar as influências das variáveis ambientais nas internações. A rotação VARIMAX foi usada. Foram feitas as análises das variáveis meteorológicas, dos índices de CTH, da concentração de

ozônio e das doenças. Os fatores 1, 2 e 3 explicam juntos mais de 75 % da variância dos dados. O fator 1 explica mais de 50,0% das variâncias, com as doenças respiratórias por faixa etária associada positivamente a TEMMED, TEVMED, TEMED, TEVMAX, TEMMAX, TEVMIN, TEMAX, TEMMIN E TEMIN. O segundo fator explica mais de 16 % das variâncias, neste caso as doenças respiratórias está associada positivamente com ozônio e associada negativamente com a umidade relativa do ar e a precipitação, com exceção do caso > 60 anos que o segundo fator explicou 6,7 % da variância. A terceira componente explica mais que 9 % da variância captada e relaciona-se com a velocidade dos ventos positivamente. Verifica-se que neste processo o ozônio tem o menor peso, as variáveis meteorológicas e os índices biometeorológicos com maior peso.

O risco relativo das admissões hospitalares associadas à exposição curta a concentração de ozônio, especialmente pessoas susceptíveis, indica a necessidade da mitigação das concentrações. As associações encontradas neste trabalho, assim como outras pesquisas realizadas nos EUA e na Europa, somam-se como evidência que a concentração de ozônio contribui para os efeitos adversos na saúde respiratória, mesmo quando os níveis de poluição são abaixo dos limites padrão estabelecidos para a qualidade do ar. Esses resultados sugerem que os limites de qualidade do ar, inferiores aos atuais, são necessários para evitar os efeitos negativos na saúde pública (ALVES, *et al.*, 2010). Além disso, o controle mais restrito das fontes emissoras, monitoramento meteorológico do transporte e dispersão dos poluentes e de ondas de calor, junto com um processo de alerta eficaz da população, seria um sistema de prevenção importante para reduzir as morbidades e mortalidade.

7. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Para estudos futuros, sugere-se:

Realizar estudos similares a este com períodos de tempo maiores, para um melhor entendimento da climatologia a respeito dos índices de conforto térmico.

Realizar estudos com a mesma metodologia para outras cidades, mesmo onde a concentração de poluentes não é tão elevada, para posterior comparação e análise do “peso” das elevadas concentrações de poluentes sobre São Paulo.

Incluir uma quantidade maior de estações de superfície, para uma classificação espacial do conforto térmico.

Realizar estudos para encontrar as temperaturas confortáveis e sensações de conforto para a cidade de interesse, já que as utilizadas aqui (Fanger, 1970) foram obtidas em trabalhos para outros países.

Estimar o efeito da poluição do ar sobre as doenças respiratórias usando outros poluentes além do ozônio.

Realizar comparações entre Modelos Lineares Generalizados e Modelos Aditivos Generalizados.

Inserir no modelo variável que indique a estimativa das estações (por exemplo, invernos mais frios que o normal, ou mais quente que a média, etc.).

Utilizar variáveis com informações sociais, econômicas, nutricionais, educacionais, residência, moradia (dentre outros) para calibração do modelo;

Aplicar modelos alternativos para estimar a associação entre poluição atmosférica e as internações devido a doenças respiratórias como o Modelo Poisson-Gama e o Modelo Binomial Negativo.

Diversificar as doenças a serem modeladas usando, por exemplo, doenças cardiovasculares entre outras.

Identificação geo-espacial dos poluentes e da residência ou local de trabalho dos indivíduos admitidos como casos de doenças, através de georreferenciamento.

Criar um sistema ou índice que identifique com algum tempo de antecedência o Risco a poluentes através das condições atmosféricas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALVES, CÉLIA A.; SCOTTO, MANUEL G; FREITAS, MARIA DO CARMO. **Air pollutions and emergency admissions for cardiorespiratory diseases in Lisbon** (Portugal) *Quim. Nova*, Vol.33, No. 2, 337-344, 2010.

ANDERSON HR, LEON AP, BLAND JM, BOWER JS, STRACHAN DP. Air pollution and daily mortality in London: 1987-1992; 312:665-9, *BMJ* 1996.

ANDERSON, H.R. Chronic lung disease in the Papua New Guinea highlands. **Thorax**, v. 34, p. 647-53, 1979.

ANDRADE VSF. Estudo da associação entre material particulado emitido em queimadas e doenças respiratórias no município de Manaus, AM [dissertação]. INPA: Manaus; 2011.

ARBEX, M. A.; BOHN, G. M.; SALDIVA, P. H.; CONCEIÇÃO, G. Assessment of the effects of sugar cane plantation burning on daily counts of inhalation therapy. *J. Air Waste Manag Assoc*, 50(10): 1745-9, 2000.

ATKINSON RW, ANDERSON HR, SUNYER J, AYRES J, BACCINIM, VONK JM *et al.* Acute effects of particulate air pollution on respiratory admission: results from APHEA 2 project. *Air pollution and health: a European Approach. Am J Respir Crit Care*; 164(10 Pt 1):1860-6, 2001.

AUBIER, M. Air pollution and allergic asthma. **Rev Mal Respir.** v. 17, p. 159-65, 2000.

AZIZI, B.H.; ZULFKFLI, H.I.; KASIM, S. Indoor air pollution and asthma in hospitalized children in a tropical environment. **J. Asthma**, v. 32, p. 413-8, 1995.

BAKONYI, S.M.C.; DANNI-OLIVEIRA, I.M.; MARTINS, L.C. *et al.* Poluição atmosférica e doenças respiratórias em crianças na cidade de Curitiba, PR. *Revista Saúde Pública*, v. 38 , n. 5, p. 695-700, 2004.

BALMES, J.R.; CHEN, L.L.; SCANELL, C.; TAGER, I.; CHRISTIAN, D.; HEARNE, P.Q.; KELLY, T.; ARIS, R.M. Ozone-induced decrements in FEV1 and FVC do not correlated with measures of inflammation. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 153, p. 904-9, 1996.

BANCO DE SAÚDE. Disponível em: <http://www.bancodesaude.com.br>. Acesso em 29 mar. 2011.

- BASCOM, R.; BROMBERG, P.A.; COSTA, D.A.; DEVLIN, R.; DOCKERY, D.W.; FRAMPTON, M.W.; LAMBERT, W.; SAMET, J.M.; SPEIZER, F.E.; UTELL, M. State of the Art. Health effects of outdoor pollution. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 153, p. 3-50, 1996a.
- BASCOM, R.; BROMBERG, P.A.; COSTA, D.A.; DEVLIN, R.; DOCKERY, D.W.; FRAMPTON, M.W.; LAMBERT, W.; SAMET, J.M.; SPEIZER, F.E.; UTELL, M. State of the Art. Health effects of outdoor pollution. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 153, p. 477-98, 1996b.
- BATES, D.V. The health effects of air pollution. **J. Respir. Dis.**, v. 1, p. 29-37, 1980.
- BATES, D.V.; BAKER-ANDERSON, M.; SIZTO, R. Asthma attack periodicity: A study of hospital emergency visits in Vancouver. **Environ. Respir.**, v. 51, p. 51-70, 1990.
- BEHERA, D.; DASH, S.; YADAV, S.P. Carboxyhaemoglobin in women exposed to different cooking fuels. **Thorax**, v. 46, p. 344-46, 1991.
- BEHERA, D.; JINDAL, S.K.; MALHOTA, H.S. Ventilatory function in non-smoking rural Indian women using different cooking fuels. **Respiratory**, v. 61, p. 89-92, 1994.
- BOHM, G.M.; SALDIVA, P.H. N.; GOUVEIA, M.A.; PASQUALUCCI, C.A.; CARDOSO, L.M.N.; CALDEIRA, M.P.R.; CALHEIROS, D.F. **Comparative toxicity of alcohol and gasoline fueled automobile exhaust fumes**. In: Hayes, A.; Scenell, R.C.; Miya, T.S.. *Developments in the Sciences and Practice of Toxicology*. Amsterdam, Elsevier Science Publishers B.V., p. 482, 1983.
- BORJA-ABURTO, V.H.; LOOMIS, D.P.; BANGDIWALA, S.I.; SHI, C.M.; RASCON-PACHECO, R.A. Ozone, suspended particulates, and daily mortality in Mexico City. **Am. J. Epidemiol.**, v. 145, p. 258-68, 1997.
- BOY, E.; BRUCE, N.; DELGADO, H. Birth weight and exposure to kitchen wood smoke during pregnancy. **Child and adolescent health**. Geneva, World Health Organization, 1999.
- BRAGA A.L.F.; SALDIVA, P.H.N.; PEREIRA, L.A.A.; MENEZES, J.J.C.; CONCEIÇÃO, G.M.S.; LIN, C.L.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W. Health effects of air pollution exposure on children and adolescents in São Paulo, Brazil. **Pediatr. Pulmonol.**, v. 31, p. 106-13, 2001.

BRAGA ALF, CONCEIÇÃO GMS, PEREIRA LAA, KISHI HS, PEREIRA JCR, ANDRADE MF *et al.*. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil. *J Environ Med*;1:95-102, 1999.

BRAGA, A.L.F. **Quantificação dos efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população pediátrica da cidade de São Paulo e proposta de monitorização.** São Paulo,. 225p. Tese (Doutorado) -Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo,1998.

BRAGA, A.L.F.; CONCEIÇÃO, G.M.S.; PEREIRA, L.A.A.; KISHI, H.;PEREIRA,J.C.R.; ANDRADE, M.F.; GONÇALVES, F.L.T.; SALDIVA,P.H.N., LATORRE, M.R.D.O. Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in Sao Paulo, Brazil. **J. Environ. Med.**, v. 1, p. 95-102, 1999.

BRAUER, M.; HISHAM-HASHIM, J. Indonesia Fires: Crisis and Reaction.**Environ. Sci. Technol.**, v. 32, p. 404-7, 1998.

BREYSSE, P.A. Health hazards of smoke. **Journal of Forestry**, v. 82, p. 89,1984.

BROOK RD, RAJAGOPALAN S, POPE CA 3rd, Brook JR, Bhatnagar A, Diez-Roux AV. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 121(21): 2331-78, 2010.

BRUCE, N.; PEREZ-PADILLA, R.; ALBALAK, R. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. **Bull. WHO**, v. 78, p. 1078 - 92, 2000.

BURNETT, R.T.; DALES, R.E.; RAIZENNE, M.E.; KREWSKI, D.;SUMMERS, P.W.; ROBERTS, G.R.; RAAD-YOUNG, M.; DANN, T.;BROOK, J. Effects of low ambient levels of ozone and sulfate on frequency of respiratory admissions to Ontario hospitals. **Environ. Respir.**, v. 65, p. 172-94, 1994.

CALVERT, J.G.; LAZRUS, A.; KOK, G.L.; HEIKES, B.J.; WALEGA, J.G.;LIND, J.; CANTRELL, C.A. Chemical mechanisms of acid generation in the troposphere. **Nature**, v. 317, p. 27-35, 1969.

CANNING, B.J.; HMIELESKI, R.R.; SPANNHAKE, E.W.; JAKAB, G.K.Ozone reduces murine alveolar and peritoneal macrophagephagocytosis: the role of prostanoids. **Am. J. Physiol.**, v. 261, p.1277-82, 1991.

CARMO CN, HACON S, LONGO KM, FREITAS S, IGNOTTI E, PONCE DE LEON A, ARTAXO P. Associação entre material particulado de queimadas e doenças

respiratórias na região sul da Amazônia brasileira. *Rev Panam Salud Publica*;27(1):10-16, 2010.

CASTRO, H. A.; GONÇALVES, K. S. & HACON, S. S. Tendência da mortalidade por doenças respiratórias em idosos e as queimadas no estado de Rondônia/Brasil – período entre 1998 e 2005. *Rev. Ciência e Saúde Coletiva*.14(6): 2083-2090, 2009.

CHESTNUT, L.G.; SCHWARTZ, J.; SAVITZ, D.A.; BURCHFIEL, C.M. Pulmonary function and ambient particulate matter: Epidemiological evidence from NHANES I. *Arch. Environ. Health*, v. 46, p. 135-44, 1991.

CHEW, F.T.; OOI, B.C.; HUI, J.K.; SAHAROM, R.; GOH, D.; LEE, B.W. Singapore's haze and acute asthma in children. *Lancet*, v. 346, p.1427, 1995.

COELHO-ZANOTTI, M. S. S.; GONÇALVES, F. L. T.; LATORRE, M. R. D. O. Statistical Analysis Aiming at Predicting Respiratory Tract Disease Hospital Admissions from Environmental Variables in the City of São Paulo. *Journal of Environmental and Public Health*, v. 2010, p. 1-12, 2010.

CONCEIÇÃO, G. M. S.; SINGER, JÚLIO M.; SALDIVA, P. H. N. Modelos MLG e MAG para análise da associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbimortalidade: uma introdução baseada em dados da cidade de São Paulo. *Brazilian CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE*, 1990. Resolução CONAMA 003/90. Brasília: Conama.

DAB, W.; MEDINA, S.; QUINEL, P.; LE MOULLEC, Y.; LETERTRE, A.; THELOT, B.; MONTEIL, C.; LAMELOISE, P.; PIRARD, P.; MOMAS, I.; FERRY, R.; FESTY, B. Short term respiratory health effects of ambient air pollution: results of the APHEA Projects in Paris. *J. Epidemiol. Community Health*, Supplement 1, v. 50, p. 42-6, 1996.

DATASUS. DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA DO SUS. **Cadernos de Informações em Saúde**. Disponível em:

<http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/cadernosmap.htm/> Acesso: março de 2011.

DAWUD, Y. Smoke Episodes and Assessment of Health impacts Related to Haze from Forest Fires: Indonesian Experience. In: **Health Guidelines for Vegetation Fire Events**, Lima, Peru, 1998. Geneva, WHO (Background papers), p. 313-33, 1999.

DENNIS, R.J.; MALDONADO, D.; NORMAN, S.; BAENA, E.; MARTINEZ, G. Woodsmoke exposure and risk for obstructive airways disease among women. *Chest*, v. 109, p. 115-9, 1996.

- DEVLIN, R.B.; MCDONNELL, W.F.; MANN, R.; BECKER, S.; HOUSE, D.E.; SCHREINEMACHERS, D.; KOREN, H.S. Exposure of humans to ambient levels of ozone for 6.6 hours causes cellular and biochemical changes in the lung. **Am. J. Respir. Cell. Mol. Biol.**, v. 4, p. 72-81, 1991.
- DEVLIN, R.B.; MCKINNON, K.P.; NOAH, T.; BECKER, S.; KOREN, H. Ozone-induced release of cytokines and fibronectin by alveolar macrophages and airway epithelial cells. **Am. J. Physiol.**, v. 266, p. 1612-19, 1994.
- DOCKERY, D.W.; POPE III, C.A. Acute respiratory effects of particulate air pollution. **Annu. Rev. Public. Health**, v. 15, p. 107-32, 1994.
- DOCKERY, D.W.; SCHWARTZ, J.; SPENGLER, J.D. Air pollution and daily mortality: Associations with particulates and acid aerosols. **Environ. Respir.** v. 59, p. 362-73, 1992.
- DOCKERY, D.W.; WARE, J.H.; FERRIS, B.G. J.R.; SPEIZER, F.E.; COOK, N.R.; HERMAN, S.M. Change in pulmonary function in children associated with air pollution episodes. **J. Air Pollut. Control. Assoc.**, v. 32, p. 937-42, 1982.
- DUCLOS, P.; SANDERSON, L.M.; LIPSETT, M. The 1987 Forest Fire Disaster in California: assessment of emergency room visits. **Arch. Environ. Health**, v. 45, p. 53-8, 1990.
- DZIEDZIC, D.; WHITE, H.J. Response of T-cell deficient mice to ozone exposure. **J. Toxicol. Environ. Health**, v. 21, p. 57-71, 1987.
- ECHALAR F.; GAUDICHET A. Aerosol emission by tropical forest and savanna biomass burning: characteristic trace elements and fluxes. **Geophys. Res. Lett.**, v. 22, p. 3039-42, 1995.
- ELLEGARD, A. Cooking fuel smoke and respiratory symptoms among women in low-income in Maputo. **Environ. Health Perspect.**, v. 104, p. 980-985, 1996.
- ELSON, D. **Atmospheric pollution: causes, effects and control policies**. Oxford, Basil Blackwell Limited. p. 157-93, 1987.
- FAIRLEY, D. The relationship of daily mortality to suspended particulates in Santa Clara county, 1980-1986. **Environ. Health Perspect.**, v. 89, p. 159-68, 1990.
- FALTER, K.; REDD, S. C. **Cardiorespiratory hospitalizations associated with smoke exposure during the 1997**, Southeast Asian forest fires. *Int J Hyg Environ Health*. 208(1-2):75-85, 2005.
- FANGER, P. O. **Thermal Comfort: Analysis and Applications in Environmental Engineering**. New York, McGraw-Hill Book Company, 1972.

FERREIRA, A. Dados geoquímicos de base de sedimentos fluviais de amostragem de baixa densidade de Portugal continental: estudo de factores de variação regional. Aveiro, Portugal. p. 102-7. Tese de doutorado – Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, 2000.

FICK, R.B.; PAUL, E.S.; MERRIL, W.W.; REYNOLDS, H.Y.; LOKE, J.S.O. Alteration in the antibacterial properties of rabbit pulmonary macrophages exposed to wood smoke. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 129, p. 76-81, 1984.

Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987 – 1994. **N Engl J Med**, v. 343, p. 1742 – 9, 2000.

FRAGA, J., BOTELHO, A., SÁ, A., COSTA, M.; QUARESMA, M. The Lag Structure and the General Effect of Ozone Exposure on Pediatric Respiratory Morbidity. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2011**, 8, 4013-4024; doi: 10.3390/ijerph8104013.

FRANK, N.R.; YODER, R.E.; BRAIN, J.D.; YOKOYAMA, E. SO₂ absorption by the nose and mouth under conditions of varying concentration and flow. **Arch. Environ. Health**, v. 18, p. 315-22, 1969.

GEO - 2000. Global Environmental Outlook. **Forest fires and biomass burning, The state of the environmental – global issues**. Disponível na internet em: <http://www.grid2.cr.usgs.gov/geo2000/english/0040.htm>, acessado em maio de 2012.

GHARAIBEH, N.S. Effects of indoor air pollution on lung function of primary school children in Jordan. **Ann. Trop. Paediatr.**, v. 16, p. 97-102, 1996.

GILMOUR, M.I.; SELGRADE, M.K. A comparison of the pulmonary defenses against streptococcal infection in rats and mice following O₃ exposure: differences in disease susceptibility and neutrophil recruitment. **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, v. 123, p. 211-8, 1993.

GODLESK, J.; SIOUTAS, C.; VERRIER, R.L.; KILLINGSWORTH, C.R.; LOVETT, E.; MURTHY, G.G.K.; HATCH, V.; WOLFSON, J.M.; FERGUSON, S.T.; KOUTRAKIS, P. Inhalation exposure of canines to concentrated ambient air particles. **Am. J. Resp. Crit. Care Med.**, v. 155, p. A246, 1997. Supplement.

GOLDBERG, M.S.; GASPARRINI, A., ARMSTRONG, B., FRANCEVALOIS, M. The short-term influence of temperature on daily mortality in the temperate climate of Montreal, Canada. *Environmental Research*. 111; 853–860, 2011.

GONÇALVES, F. L. T.; CARVALHO, L. M. V.; CONDE, F. C.; LATORRE, M. R. D. O.; GOUVEIA, N., FREITAS, C. U.; MARTINS, L. C.; MARCILIO, I. O. Respiratory

and cardiovascular hospitalizations associated with air pollution in the city of São Paulo, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**; 22(12): 2669-2677 2006.

GONÇALVES, K. S.; CASTRO, H. A.; HACON, S. S.. As queimadas na região amazônica e o adoecimento respiratório. *Ciênc. saúde coletiva* vol.17 no. 6 Rio de Janeiro June 2012.

GONG, H.; BRADLEY, P.W.; SIMMONS, M.S.; TASHKIN, D.P. Impaired exercise performance and pulmonary function in elite cyclists during low-level ozone exposure in a hot environment. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 134, p. 726-33, 1986.

GUO Y, BARNETT AG, PAN X, YU W, TONG S: **The impact of temperature on mortality in tianjin, china: a case-crossover design with a distributed lag nonlinear model.** *Environ Health Perspect*, **119**:1719-1725, 2011.

GUPTA, B.N.; MATHUR, N.; MAHENDRA, P.; SRIVASTAVA, A.; SWAROOP, V.; AGNIHOTRI, M. A study of the household environmental risk factors pertaining to respiratory disease. **Energy Environ. Rev.**, v. 13, p. 61-7, 1997.

HAIR JR. J. F., ANDERSON R. E., TATHAM R. L., BLACK W. C. **Análise Multivariada de dados.** Quinta Edição. São Paulo: Bookman, 593 p, 2005..

HAJAT, S.; HAINES, A.; GOUBET, S.A.; ATKINSON, R.W.; ANDERSON,H.R. Association of air pollution with daily GP consultations for asthma and lower respiratory conditions in London. **Thorax**, v. 54, p. 597-605, 1999.

HARKEMA, J.R.; PLOPPER, C.G.; HYDE, D.M.; GEORGE, J.A.S.; WILSON,D.W.; DUNGWORTH, D.L. Response of the macaque nasal epithelium to ambient levels of ozone: a morphologic and morphometric study of the transitional and respiratory epithelium. **Am. J. Pathol.**, v. 128, p. 129-44, 1987.

HASTIE TJ, TIBSHIRANI RJ. Generalized additive models. London: Chapman and Hall; 1995.

HATCH, G.E.; SLADE, R.; HARRIS, L.P.; MACDONNEL, W.F.; DEVLIN,R.B.; KOREN, H.S.; COSTA, D.; MAKEE, J. Ozone dose and effect in human and rats. A comparison using oxygen-18 labeling and bronchoalveolar lavage. **Am. Rev. Respir. Crit. Care Med.**, v. 150, p.676-683, 1994.

HAZUCHA, M.J.; BATES, D.V. Combined effect of ozone and sulfúur dioxide on human pulmonary function. **Nature**, v. 257, p. 50-1, 1975.

HAZUCHA, M.J.; SEAL, E.; FOLINSBEE, L.J.; BROMBERG, P.A.. Lung function response of healthy women after sequential exposures to NO₂ and O₃. **Am J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 150, p. 642-7, 1994.

HOEK, G.; BRUNEKREEF, B. Acute effects of a winter air pollution episode on pulmonary function and respiratory symptoms of children. **Arch. Environ. Health**, v. 4, p. 328-35, 1993.

HOLMAN, C. **Sources of air pollution**. In: HOLTGATE, S. T.; SAMET J. M.; KOREN H.S.; MAYNARD, R.L. Air pollution and health. San Diego, Academic Press, cap. 8, p. 115-48, 1999.

HOUTMEYERS, E.; GOSSELINK, R.; GAYAN-RAMIREZ, G.; DECRAMER, M. Regulation of mucociliary clearance in health and disease. **Eur. Respir. J.**, v. 13, p. 1177-88, 1999.

<http://tabnet.datasus.gov.br/tabdata/cadernos/cadernosmap.htm/> Acesso: março de 2011.

IBAMA. **Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais** [dados na Internet]. Brasília: Ibama [acessado 2010 out. 22]. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/proarco>.

IGNOTTI, E; VALENTE, JG; LONGO, KM; FREITAS, SR; HACON, SS & ARTAXO, PN. Impact on human health of particulate matter emitted from burnings in the Brazilian Amazon region. **Rev Saúde Pública**. 44(1): 121-30, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sinopse** Acesso em: 22/12/2011.

International Classification of Diseases, 9th - Revision. Vol 1. (1979). **Commission on Professional and Hospital Activities**. Ann Arbor, MI: Edward Brother, Inc., 1979.

Journal of Epidemiology, Brasil, v. 45, p. 206-219, 2001.

KEHRL, H.R.; VINCENT, L.M.; KOWALSKY, R.J.; HORSTMAN, D.H. O'NEIL, J.J.; MCCARTNEY, W.H.; BROMBERG, P.A. Ozone exposure increases respiratory epithelial permeability in humans. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 135, p. 1124-8, 1987.

KOREN, H.S.; DEVLIN, R.B.; GRAHAM, D.E.; MANN, R.; MCGEE, M.P.; HORSTMAN, D.H.; KOZUMBO, W.J.; BECKER, S.; HOUSE, D.E.; MCDONNELL, W.F.; BROMBERG, P.A. Ozone-induced inflammation in the lower airways of human subjects. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 139, p.407-15, 1989.

KUNII, O. **Basic facts-determining downwind exposures and their associated health effects in practice: a case study in the 1997 forest fires in Indonesia**. In: Health Guidelines For Vegetation Fire Events, Lima, Peru, 1998, Geneva, WHO (Background papers), p. 295-312, 1999.

KÜNZLI N, PEREZ L, RAPP R. Air quality and health. Lausanne: European Respiratory Society; 2010.

- LAURITZEN, S.K.; ADAMS, W.C. Ozone inhalation effects consequent to continuous exercise in females: comparison to males. **J. Appl. Physiol.**, v. 59, p. 1601-6, 1985.
- LIN AC, MARTINS MA, FARHAT SL, POPE III CA, CONCEIÇÃO GMS, ANASTÁCIO MV *et al.* Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brazil. *Pediatr Perinat Epidemiol*; 13:475-88,1999.
- LIN, C.A. **Efeitos da poluição atmosférica sobre a morbidade respiratória aguda na população infantil de São Paulo. São Paulo.** São Paulo. 115 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 1997.
- LOPES, F. S.; RIBEIRO, H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo. **Rev Bras Epidemiol**; 9(2): 215-25 2006.
- MAIA, J.A. *Uma análise do conforto térmico e suas relações meteorotrópicas na cidade de São Paulo.* São Paulo – SP. 134p. Dissertação de mestrado – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, 2002.
- MALILAY, J. **A review of factors affecting the human health impacts of air pollutants from forests fires.** In: Health Guidelines For Vegetation Fires Events, Lima, Peru, 1998. Geneva, WHO (Background papers), p.255-70, 1999.
- MARTINS, L. D.; VASCONCELLOS, P. C.; CARVALHO, L. R. F.; ANDRADE, M. F. Estimated Impact of Biogenic Hydrocarbon Emission on Photochemical Oxidant Formation in São Paulo during two periods of the winters of 1999-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 2, p. 190-200, 2006.
- MASCARENHAS, M. D. M.; VIEIRA, L. C.; LANZIERI, T. M.; LEAL, A. P. P. R.; DUARTE, A. F.; HATCH, A. L. Poluição atmosférica devido à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil – Setembro, 2005. **J Bras Pneumol**; 34(1): 42-46, 2008.
- MCDONNELL, W.F.; CHAPMAN, R.S.; LEIGH, M.W.; STROPE, G.L.; COLLIER, A.M. Respiratory responses of vigorously exercising children to 0.12 ppm ozone exposure. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 132, p. 875-9, 1985.
- MCMICHAEL, A. J. Global climate change and health: 4. McMichael AJ. Global climate change and health: an old story writ large. In: McMichael AJ, Campbell-Lendrum DH, CORVALAN CF, EBI KL, GITENKO A, SCHERAGA JD. **Climate change and human health.** Risks and responses. Geneva: WHO; p. 1-17, 2003.

MICHELOZZI, P.; FORASTIERE, F.; FUSCO, D.; PERUCCI, C.A.; OSTRO, B.; ANCONA, C.; PALLOTTI, G. Air pollution and daily mortality in Rome, Italy. **Occup. Environ. Med.**, v. 55, p. 605-610, 1998.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Inventário nacional de emissões de gases de efeito estufa**. Brasília: MCT; 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Disponível <<http://www.datasus.gov.br>> acesso em 10/11/2010.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de Vigilância Epidemiológica**. Brasília, 6ª edição, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. <http://www.saude.gov.br/suplan/> acesso em 10/11/2010.

MISHRA, V.K.; RETHEFORD, R.D.; SMITH, K.R. Biomass cooking fuels and prevalence of tuberculosis in India. **Int. J. Infect. Dis.**, v. 3, p. 119-29, 1999a.

MISHRA, V.K.; RETHEFORD, R.D.; SMITH, K.R. Biomass cooking fuels and prevalence of blindness in India. **J. Environ. Med.**, v. 1, p. 189-99, 1999b.

MOHAN, M.; SPERDUTO, R.D.; ANGRA, S.K. Indian-US case control study of age-related cataracts. **Arch. Ophthalmol.**, v. 107, p. 670-6, 1989.

MULLEN, J.B.; WRIGHT, J.L.; WIGGS, B.R.; PARE, P.D.; HOGG, J.C. Reassessment of inflammation of airways in chronic bronchitis. **Br. Med. J.**, v. 291, p. 1235-9, 1985.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized Linear Models. **Journal of the Royal Statistical Society A**, v. 135, n. 2, p. 370-384, 1972.

NICOLAI, T. Pollution, environmental factors and childhood respiratory allergic disease. **Toxicology**, v. 181-182, p. 317-21, 2002.

NOORHASSIM, I.; RAMPAL, K.G.; HASHIM, J.H. The relationship between prevalence of asthma and environmental factors in rural households. **Med. J. Malaysia**, v. 50, p. 263-7, 1995.

OLIVEIRA BFA. Avaliação do risco a saúde infantil relativa à exposição ao PM_{2,5} proveniente da queima de biomassa no município de Tangará da Serra - MT. 2011 [dissertação]. Fiocruz: Rio de Janeiro; 2010.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Disponível em <http://apps.who.int/globalatlas>. Acesso 12 mar. 2011.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Estratégia mundial sobre alimentação saudável, atividade física e saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2003.

- OSTRO, B. The association of the air pollution and mortality: examining the case for inference. **Arch. Environ. Health.**, v. 48, p. 336-42, 1993.
- OSTRO, B.D. Air pollution and morbidity revisited: A specification test. **J. Environ. Econ. Manag.**, v. 14, p. 87-98, 1987.
- OSTRO, B.D. Association between morbidity and alternative measures of particulate matter. **Risk Anal.**, v. 10, p. 421-7, 1990.
- OSTRO, B.D. The effects of air pollution on work loss and morbidity. **J. Environ. Econ. Manag.**, v. 10, p. 371-82, 1983.
- OSTRO, B.D.; LIPSETT, M.J.; WIENER, M.B.; SELNER, J.C. Asthmatic response to airborne acid aerosols. **Am. J. Public Health**, v. 1, p. 694-702, 1991.
- PAUWELS, R.; KIPS, J.; PELEMAN, R.; STRAETEN, M.V.D. The effects of endotoxin inhalation on airway responsiveness and cellular influx in rats. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 141, p. 540-5, 1990.
- PEREZ-PADILLA, R.; PEREZ-GUZMAN, C.; BAEZ-SALDANA, R.; TORRESCRUZ, A. Cooking with biomass stoves and tuberculosis: a case control study. **Int. J. Tuberc. Lung Dis.**, v. 5, p. 441-7, 2001.
- PHONBOON, K.; PAISARN-UCHAPONG, O.; KANATHARANA, P.; AGSORN, S. **Smoke episodes emissions characterization and assessment of health risks related downwind air quality-case study, Thailand.** In: Health Guidelines for Vegetation Fire Events, Lima, Peru, 6-9. 1998. Geneva, WHO (Background papers), p. 334-58, 1999.
- PISTELLY, R. Wood smoke and asthma: a controversial issue. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 155, p. A941, 1997.
- PLOPPER, C.G.; DUNGWORTH, D.L.; TYLER, W.S.; CHOW, C.K. Pulmonary alterations in rats exposed to 0.2 and 0.1 ppm ozone: a correlated morphological and biochemical study. **Arch. Environ. Health**, v. 34, p. 390-5, 1979.
- PONKA, A. Asthma and low-level air pollution in Helsinki. **Arch. Environ. Health**, v. 46, p. 262-70, 1991.
- POPE III, C.A. Respiratory hospital admissions associated with PM10 pollution in Utah, Salt Lake, and Cache Valleys. **Arch. Environ. Health**, v. 46, p. 90-7, 1989.
- POPE III, C.A.; DOCKERY, D.W.; SPENGLER, J.D.; RAIZENNE, M.E. Respiratory health and PM10 pollution: a daily time series analysis. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 144, p. 668-74, 1991.

- POPE III, C.A.; DOCKERY, D.W. Acute health effects of PM10 pollution on symptomatic and asymptomatic children. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 145, p. 1123-8, 1992.
- POPE III, C.A.; KANNER, R.E. Acute effects of PM10 pollution on pulmonary function of smokers with mild to moderate chronic obstructive pulmonary disease. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 147, p. 1336-40, 1993.
- POPE III, C.A.; SCHWARTZ, J.; RANSOM, M.R. Daily mortality and PM10 pollution in Utah Valley. **Arch. Environ. Health**, v. 47, p. 211-7, 1992.
- PRYOR, W.A.; LIGHTSEY, J.W. Mechanism of nitrogen dioxide reactions: initiation of lipid peroxidation and the production of nitrous acid. **Science**, v. 214, p. 435-437, 1981.
- QURESHI, K. Domestic smoke pollution and prevalence of chronic bronchitis/asthma in a rural area of Kashmir. **Indian J. Chest Dis. Allied Sci.**, v. 36, p. 61-72, 1994.
- RIBEIRO, H. **Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: efeitos à saúde respiratória. Rev. Saúde Pública vol.42 no. 2 São Paulo Apr. 2008 Epub Feb 29, 2008.**
- RIBEIRO, H.; CARDOSO, M. R. A. Air pollution and children's health in São Paulo (1986–1998). **Social Science & Medicine**, Leicester, v. 57, n. 11, p. 2013-2022, 2003.
- RODRIGUES PCO, IGNOTTI E; ROSA AM; HACON SS. Spatial distribution of asthma-related hospitalizations of the elderly in the Brazilian Amazon. *Rev Bras Epidemiol*;13(3):1-10, 2010.
- ROEMER, W.; HOEK, G.; BRUNEKREEF, B. Effect of ambient winter in air pollution on respiratory health of children with chronic respiratory symptoms. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 147, p. 118-24, 1993.
- ROSA, A. M.; IGNOTTI, E. HACON, S. S.; CASTRO, H. A. Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra-Amazônia brasileira. **J Bras Pneumol.** 34(8): 575-582, 2008.
- SALDIVA, P.H.N. **Poluição atmosférica e saúde: uma abordagem experimental.** GREEPEACE, SOS, chega de poluição. Brasil, 1998.
- SALDIVA, P.H.N.; KING, M.; DELMONTE, V.L.C.; MACCHIONE, M.; PARADA, M.A.C.; DALIBERTO, M.L.; SAKAI, R.S.; CRIADO, P.M.P.; SILVEIRA, P.L.P.; ZIN, W.A.; BÖHM, G.M. Respiratory alterations due to urban air pollution: an experimental study in rats. **Environ. Res.**, v. 57, p.19-33, 1992.
- SALDIVA, P.H.N.; LICHTENFELS, A.J.F.C.; PAIVA, P.S.O.; BARONE, I.A.; MARTINS, M.A.; MASSAD, E.; PEREIRA, J.C.R.; XAVIER, V.P.; SINGER,

- J.M.; BÖHM, G.M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in Sao Paulo, Brazil: a preliminary report. **Environ. Res.**, v. 65, p. 218-25, 1994.
- SALDIVA, P.H.N.; MASSAD, E.; CALDEIRA, M.P.R; CALHEIROS, D.F.; SALDIVA, C.D.; NICOLELIS, M.A.L.; BÖHM, G.M. Pulmonary function of rats exposed to ethanol and gasoline fumes. **Braz. J. Med. Biol. Res.**, v.18, p. 573-7, 1985.
- SALDIVA, P.H.N.; POPE III, C.A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W.; LICHTENFELS, A.J.; SALGE, J.M.; BARONE, I.; BÖHM, G.M. Air pollution and mortality in elderly people: a time-series study in Sao Paulo, Brazil. **Arch. Environ. Health.**, v. 50, p. 159-63, 1995.
- SALVI S. Health effects of ambient air pollution in children. *Paediatr Respir Rev.*; 8(4): 275-80,2007.
- SAMET, J.M.; DOMINICI, F.; CURRIERO, F.C.; COURSAK, I.; ZEGER, S.L.
- SAMET, J.M.; LAMBERT, W.E.; SKIPPER, B.J.; CUSHING, A.H.; MCLAREN, L.C.; SCHWAB, M.; SPENGLER, J.D. A study of respiratory illnesses in infants and nitrogen dioxide exposure. **Arch. Environ. Health.**, v. 40, p. 57-63, 1992.
- SAMET, J.M.; SPEIZER, F.E.; BISHOP, Y.; SPENGLER, J.D.; FERRIS, B.G.J.R. The relationship between air pollution and emergency room visits in an industrial community. **J. Air Pollut. Control. Assoc.**, v. 31, p.236-240, 1981.
- SAMET, J.M.; ZEGER, S.L.; BERHANE, K. **The association of mortality and particulate air pollution.** In: Particulate Air Pollution and Daily Mortality, Replication and Validation of Selected Studies, The Phase I Report of the Particle Epidemiology Evaluation Project. Cambridge, Health Effects Inst.,1995.
- SAMET, J.M; MARK, J.U. **Indoor and outdoor air pollution.** In: FISHMAN, A. Fishman Pulmonary Disease and Disorder, 3.ed. New York, McGraw-Hill, 1998.
- SANTOS, U.P. **Estudo de Alterações Cardiovasculares e Respiratórias em Indivíduos Expostos à Poluição Atmosférica na Cidade de São Paulo.** São Paulo, 2002. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2002.
- SCHELEGLE, E.S.; SIEFKIN, A.D.; MCDONALD, R.J. Time course of ozoneinduced neutrophilia in normal humans. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 143, p. 1353-8, 1991.
- SCHWARTZ J, DOCKERY DW. Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. *Am J Epidemiol*;135;12-9,1992.
- SCHWARTZ J, MARCUS A. Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *Am J Epidemiol*; 131:185-94,1990.

- SCHWARTZ J. Air pollution and daily mortality in Birmingham, Alabama. **Am. J. Epidemiol.**, v. 137, p. 1136-47, 1993.
- SCHWARTZ, J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Detroit. **Am. J. Respir. Crit. Care Med.**, v. 150, p. 648-55, 1994a.
- SCHWARTZ, J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in SCHWARTZ, J. Air pollution and daily mortality: A review and meta analysis. **Environ. Res.**, v. 64, p. 36-52, 1994b.
- SCHWARTZ, J. Particulate air pollution and daily mortality in Detroit. **Environ. Res.**, v. 56, p. 204-13, 1991a.
- SCHWARTZ, J. Particulate air pollution and daily mortality: a synthesis. **Public Health Rev.**, v. 19, p. 39-60, 1991b.
- SCHWARTZ, J.; BALLESTER, F.; SAEZ, M.; PÉREZ-HOYOS, S.; BELLIDO, J.; CAMBRA, K.; ARRIBAS, F.; CAÑADA, A.; PÉREZ-BOILLOS, M.J.; JORDI SHARKEY, B. **Health hazards of smoke: recommendation of the April 1997 Consensus Conference**. Technical Report 9751-2836-MTDC. Missoula, MT: United States Department of Agriculture, Forest Service, Missoula Technology and Development Center, p. 84, 1997.
- SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentration. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 45, p. 600-4, 1992a.
- SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W. Particulate air pollution and daily mortality in Steubenville, Ohio. **Am. J. Epidemiol.**, v.135, p.12-9, 1992b.
- SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D.W.; NEAS, L.M. Is daily mortality associated specifically with fine particles? **J. Air Waste Manage. Assoc.**, v. 46, p.927-39, 1996.
- SCHWARTZ, J.; KOENIG, J.; SLATER, D.; LARSON, T. Particulate air pollution and hospital emergency visits for asthma in Seattle. **Am. Rev. Respir. Dis.**, v. 147, p. 826-31, 1993.
- SEINFELD, J. H.; PANDIS, S. N. **Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change**. Wiley, New York, 1998.
- SHARMA G, GOODWIN J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clin Interv Aging*;1(3):253-60, 2006.
- SILVA AMC. Quantificação dos efeitos na saúde da exposição à queima de biomassa: uma contribuição ao entendimento dos efeitos da exposição ao material particulado (PM_{2,5}) em grupos populacionais sensíveis na Amazônia Legal [tese]. Fiocruz: Rio de Janeiro; 2010.

- SMITH, K.R.; SAMET, J.M.; ROMIEU, I.; BRUCE, N.. Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children. **Thorax**, v. 55, p. 518-532, 2000.
- SOUSA, N. M. N.; DANTAS, R. T. L.; RODRIGO, C. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do dengue, meningite e pneumônia em João Pessoa-PB. **Rev. bras. meteorol.** vol.22, no. 2, p.183-192, ago. 2007.
- SOUZA, A.; PAVÃO, H. G.; LASTORIA, G.; GABAS S. G.; PARANHOS FILHO, A. C.; CAVAZZANA, G. H. Distribuição espacial da relação precipitação/número de dias de chuvas em Campo Grande-MS. In: SERHIDRO PS-2009-2 **Seminário de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Paraíba do Sul**, Taubaté: 2009.
- SOUZA, A.; PAVAO, H.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A. C. Doença Respiratória e sua Relação com Radiação Solar Global, Radiação Extraterrestre, Radiação Uv e Índice de Limpidez Atmosférico. **Hygeia: Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde** (Uberlândia), v. 6, p. 67-76, 2010.
- SOUZA, A.; PAVAO, H; LASTORIA, G.; GABAS S. G.; PARANHOS FILHO, A. C.; CAVAZZANA, G. H. Hospitalizações por causas respiratórias associadas à poluição atmosférica em Campo Grande, MS. **Revista de Biociências-UNITAU**, v. 16, p. 43-49, 2010.
- SOUZA, A; GRANJA, S. C. Estimativa dos parâmetros "C" e "K" do modelo de Weibull e da direção dos ventos para Campo Grande e Dourados, MS, Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.109-114,1997.
- SOUZA, C. G. de e SANT'ANNA NETO, J. L. Distribuição espacial das doenças respiratórias em cidades de porte médio no Oeste Paulista – Brasil: uma análise multicausal como contribuição à melhoria da qualidade de vida urbana. In: **II PLURIS - II Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável**. Braga (Portugal): Universidade do Minho, 2006.
- SOUZA, L.S.N. Análise de Impactos das Queimadas sobre a Saúde Humana: Um estudo de caso do Município de Rio Branco, Acre. **Dissertação** (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) Rio de Janeiro: ENSP, 80p. 2008.
- SPEKTOR, D.M.; THURSTON, G.D.; MAO, J.; HE, D.; HAYES, C.; LIPPMANN, M. Effects of single and multi-day ozone exposures on respiratory function in active normal children. **Environ. Res.**, v.55, p.107-22, 1991.
- SPIX, C.; WICHMANN, H.E. Daily mortality and air pollutants: Findings from Köln, Germany. **J. Epidemiol. Commun. Health**. v. 50, p. S52-S58, Supplement 1, 1996.

- STEVENS, R.J.; SLOAN, M.F.; EVANS, M.J.; FREEMAN, G. Early response of lung to low levels of ozone. **Am. J. Pathol.**, v. 74, p. 31-58, 1974.
- STEWART, R.R.; PETERSON, J.E.; BARETTA, E.D.; BACHAND, R.T.; HOSKO, M.J.; HERRMANN, A.A. Experimental human exposure to carbon monoxide. **Arch. Environ. Health**, v. 21, p. 154-64, 1970.
- STYER, P.; MCMILLAN, N.; GAO, F.; DAVIS, J.; SACKS, J. The effects of airborne particulate matter on daily death counts. **Environ. Health Perspect.**, v. 103, p. 490-7, 1995.
- SUNYER, J.; ANTÓ, J.M.; MURILLO, C.; SAEZ, M. Effects of urban air pollution on emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease. **Am. J. Epidemiol.**, v. 134, p. 277-86, 1991.
- SUNYER, J.; CASTELLSAGUE, J.; SAEZ, M.; TOBIAS, A.; ANTO, J.M. Air pollution and mortality in Barcelona. **J Epidemiol. Commun. Health**. v.50, p. S76-S80, Supplement 1, 1996.
- SUNYER, J.; SAEZ, M.; MURILLO, C.; CASTELLSAGUE, J.; MARTINEZ, F.; ANTO, J.M. Air pollution and emergency room admission for chronic obstructive pulmonary disease: A 5-years study. **Am. J. Epidemiol.**, v.137, p. 701-5, 1993.
- TADANO, Y. de S.; UGAYA, C. M. L.; FRANCO, A. T. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambient. soc. [online]**. vol.12, n.2, pp. 241-255,2009.
- THOM, E. **The discomfort index**. Weatherwise, 1959, vol.12, N° 1, p. 57-60.
- United States Environmental Protection Agency. Climate Change - Health and Environmental Effects [**monography on the Internet**]. EPA [cited 2010 Nov.]. Available from: <http://epa.gov/climatechange/effects/health.html>.
- VERHOEFF, AP.; HOEK, G.; SCHAWARTZ, J.; VAN, WIJNEM, J.H. Air pollution and daily mortality in Amsterdam. **Epidemiology**, v. 7, p. 225-230, 1996.
- WARE, J.H.; THIDBODEAU, L.A.; SPEIZER, F.E.; COLOME, S.; FERRIS, B.G.Jr. Assessment of the health effects of atmospheric sulfur oxides and particulate matter evidence from observational studies. **Environ.Health Perspect.**, v. 41, p. 255-76, 1981.
- WESLEY, A.G.; LOENING, W.E. Assessment and 2-year follow-up of some factors associated with severity of respiratory infections in early childhood. **S. Afr. Med. J.**, v. 64, p. 365-8, 1996.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health Guidelines for Vegetation Fire Events**. ed. SCHWELA, D.H., GOLDAMMER, J.G., MORAWSKA, L.H., SIMPSON, O. Geneva, World Health Organization, 1999.

World Health Organization. Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Copenhagen: World Health Organization; 2005.

YAGLOU, C.P.; 1949. Indices of comfort. In: Newburg, L.H. (ed) *Physiology of heat regulation and the science of clothing*. Saunders, Philadelphia, p. 277-87.

YAMASOE, M.A.; ARTAXO, P.; MIGUEL, A.H.; ALLEN, A.G. Chemical composition of aerosols particles from direct emissions of vegetation fires in the Amazon Basin: water-soluble species and trace elements. **Atmospheric Environment**, v. 34, p. 1641-1653, 2000.

YOKELSON, R.J.; SUSOTT, R.; WARD, D.E.; REARDON, J.; GRIFFITH, D.W.T. Emissions from smoldering combustion of biomass measured by open-path Fourier transform infrared spectroscopy. **J. Geophy. Res.** v. 102, p. 865- 877, 1997.

9. APÊNDICE A

Critério de Informação de Akaike. (AIC)

• **Critério de Informação de Akaike** é uma estatística frequentemente utilizada para a escolha da especificação ótima de uma equação de regressão no caso de alternativas não aninhadas.

Dois modelos são ditos não aninhados quando não existem variáveis independentes comuns aos dois.

_ Quando se quer decidir entre dois modelos não aninhados, o melhor é o que produz o menor valor do critério de Akaike.

Por exemplo, o número de defasagens a serem incluídas numa equação com defasagens distribuídas pode ser indicado pela seleção que produz o menor valor do critério de Akaike.

O critério de Akaike (AIC) é definido como:

$$AIC = 2 * (k-L) / N \quad (22)$$

Onde: L é a estatística log verossimilhança, N o número de observações e k o número de coeficientes estimados (incluindo a constante).

Log Verossimilhança é o valor do logaritmo da função de verossimilhança (na hipótese de erros com distribuição normal) calculado para os valores estimados dos coeficientes.

Esta estatística serve para testes de razão de verossimilhança, que avaliam a diferença entre seus valores para versões com restrição e sem restrição da equação de regressão.

A estatística log verossimilhança (L) é calculada por:

$$L = - (N/2) * (1 + \log (2\pi) + \log (SQR/N)) \quad (23)$$

Onde: SQR a soma dos quadrados dos resíduos e N o número de observações